

**Titre:** Simulation du flux de patients en clinique externe  
Title:

**Auteur:** Etienne Beauchamp Boisvert  
Author:

**Date:** 2015

**Type:** Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

**Référence:** Beauchamp Boisvert, E. (2015). Simulation du flux de patients en clinique externe [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie.  
Citation: <https://publications.polymtl.ca/1777/>

## Document en libre accès dans PolyPublie

Open Access document in PolyPublie

**URL de PolyPublie:** <https://publications.polymtl.ca/1777/>  
PolyPublie URL:

**Directeurs de recherche:** Nadia Lahrichi, & Louis-Martin Rousseau  
Advisors:

**Programme:** Maîtrise en mathématiques appliquées  
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

SIMULATION DU FLUX DE PATIENTS EN CLINIQUE EXTERNE

ETIENNE BEAUCHAMP BOISVERT

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL  
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION  
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES  
(MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES)

JUIN 2015

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

SIMULATION DU FLUX DE PATIENTS EN CLINIQUE EXTERNE

présenté par : BEAUCHAMP BOISVERT Etienne

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. BAPTISTE Pierre, Doctorat, président

Mme LAHRICHI Nadia, Ph. D., membre et directrice de recherche

M. ROUSSEAU Louis-Martin, Ph. D., membre et codirecteur de recherche

M. FRAYRET Jean-Marc, Ph. D., membre

## **REMERCIEMENTS**

Ce mémoire est le fruit d'un travail acharné qui n'aurait pu être possible sans l'aide de personnes clés qui m'ont soutenu durant les dernières années. Je désire leur adresser mes plus sincères remerciements.

Tout d'abord, merci à Nadia Lahrichi, ma directrice de recherche, qui a su me conseiller et me guider à travers toutes les épreuves de mon parcours. Son expertise dans le milieu de la santé, ses nombreuses opportunités de projets ainsi que tout le soutien offert m'ont permis de mener à terme ce projet d'envergure.

Merci à Louis-Martin Rousseau, mon codirecteur, qui m'a initialement pris sous son aile lors de mon arrivée aux études supérieures. Dès le départ, j'ai pu être inclus dans une équipe de recherche remarquable qui collaborait avec le Centre Intégré de cancérologie de Laval. Son expérience de recherche fût très appréciée pour m'aider à prendre la bonne direction dans mes travaux.

Merci à la Dre Marie-Andrée Fortin et toute l'équipe du Centre Intégré de cancérologie de Laval qui m'ont permis de bien comprendre les problématiques de la clinique et qui m'ont fourni les outils et leur temps précieux dans le but de m'aider à exécuter mes travaux.

Merci à toute l'équipe du département de gynécologie et obstétrique du Centre hospitalier Universitaire Sainte-Justine pour tout le temps qui a été consacré à mon projet. Remerciement spécial à Christian Piché pour tout le temps consacré à la coordination du projet et à Johanne Martel qui a su aller chercher la participation de tous les médecins de l'unité lors des semaines de collecte de données.

Finalement, je tiens à remercier ma famille, mes amis et surtout ma femme, Julie Lapointe, pour son écoute, son support moral, ses corrections ainsi que ses nombreux encouragements pendant ces années.

## RÉSUMÉ

Au Canada, nous avons la chance de profiter d'un système de santé public gratuit lors des consultations et pour la grande majorité des traitements. Cependant, cette méthode de fonctionnement est très coûteuse pour les contribuables ce qui limite l'augmentation du nombre de centres, de ressources matérielles et qui ne permet pas d'engager du personnel supplémentaire.

Avec tous les progrès technologiques qui permettent aux médecins de réduire les temps de traitement ou de suivi, nous constatons encore la présence de listes d'attente pour la majeure partie des spécialités médicales. En clinique externe, les gestionnaires cherchent à augmenter le débit de patients vus en une journée, mais il est difficile de prévoir le temps exact de consultation, les délais d'arrivée des patients, le taux d'absentéisme aux rendez-vous, etc. Ainsi, créer un horaire qui permet de voir un maximum de patients sans toutefois engendrer des heures supplémentaires pour les ressources devient une tâche complexe.

Encore aujourd'hui, la plupart des séquences de traitement sont fixées par une agente administrative lorsqu'une place est disponible. Les plages de traitements sont de durées fixes et parfois sont toutes en début de journée ce qui engendre une attente très importante pour les patients.

Nous avons donc développé un modèle de simulation qui permet d'exécuter des milliers de scénarios pour analyser l'impact de changements dans l'horaire et ainsi bâtir des horaires plus robustes. Ce modèle nous a permis d'étudier les gains dans l'attente indirecte, c'est-à-dire entre les rendez-vous d'un patient à l'hôpital, pour une clinique de radiothérapie et l'attente directe, celle encourue lors d'une visite à l'hôpital. La structure de ce modèle permet d'être adapté à plusieurs types de cliniques externes et pourrait être utilisée par un gestionnaire d'unité afin de créer des créneaux pour différents types de cliniques ou d'analyser en temps réel l'impact de l'ajout d'un patient dans une certaine plage horaire. Ce gestionnaire pourrait donc estimer le temps total qu'un patient passerait dans l'unité, le temps qu'il mettrait avant d'obtenir son traitement, le temps supplémentaire effectué par le personnel ainsi que le taux d'utilisation de chacune des ressources.

## ABSTRACT

In Canada, we are lucky to have a public health system in which all the consultations and most of the treatments are free. The principal downside of this system is that it is costly so it is impossible to expand the centers, buy new equipment or hire extra personnel.

With all the technologic developments that helped physicians reduce the treatment times or follow up delays, we still encounter large queues for an appointment with a specialist. In the outpatient clinics, managers are looking to increase the rate of patients seen daily, but it is really hard to predict the exact time of consultation, the time of arrival of the patients, the no-show rate to the appointment, etc. Therefore, it is almost impossible to build a patient schedule in which a maximum number of patients are seen without creating overtime for the personnel and waiting time for the patients.

There are many aspects someone has to consider while building a patient schedule and even nowadays most of these schedules are hand made by a resource of the unit. The first available slot is given to the patient currently asking for an appointment in a template where all slots are of mostly equal length. Some units also book all patients at the beginning of the day to minimize the idle time of physicians, strategy that creates an important wait time for most of the patients.

During this project, we developed a simulation model that allowed us to replicate thousands of scenarios in a short time to analyze the impact of movement in the schedule and to build more robust schedules. This model allowed us to see potential reduction in the wait experienced between two separate appointments (indirect wait), and in the wait endured during one hospital visit (direct wait). We built this model so it can be adapted to multiple types of outpatient clinics and so it could be used by a unit manager to make a real time analysis of the impact of adding a particular patient at a certain time during the day. The manager could estimate the total length of the clinic, the overtime of the personnel, the utilization rate of all the resources, the total time spent by a patient in the unit and the time elapsed between the first consultation and the end of the last treatment in the unit.

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS .....	III
RÉSUMÉ.....	IV
ABSTRACT .....	V
TABLE DES MATIÈRES .....	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	IX
LISTE DES FIGURES .....	X
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS .....	XI
LISTE DES ANNEXES .....	XII
<b>CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1    Le système de santé.....	1
1.2    Objectif du projet .....	2
<b>CHAPITRE 2 REVUE DE LA LITTÉRATURE.....</b>	<b>3</b>
2.1    L'organisation des rendez-vous en santé .....	3
2.1.1    Les rendez-vous en soins de première ligne.....	3
2.1.2    Les rendez-vous pour chirurgie ou avec un spécialiste.....	4
2.1.3    Modèles en radiothérapie .....	6
2.2    L'utilisation de la simulation.....	10
<b>CHAPITRE 3 FLUX DE PATIENTS EN CLINIQUE EXTERNE DE RADIOTHÉRAPIE .</b>	<b>14</b>
3.1    La clinique du CICL.....	15
3.2    Problématique au CICL.....	16
3.3    Objectif.....	17
3.3.1    Objectifs secondaires.....	18

3.3.2 Originalité du projet .....	18
3.4     Méthodologie .....	18
3.4.1 Développement du simulateur.....	18
3.4.2 Modélisation du processus .....	21
3.4.3 Validation du modèle .....	26
3.5     Analyse de scénarios .....	32
3.5.1 Changement aux quotas de patients palliatifs .....	32
3.5.2 Changement à l'horaire des médecins.....	34
3.5.3 Réservation de plages pour les patients palliatifs.....	39
3.5.4 Comparaison des scénarios .....	40
3.6     Recommandations pour le CICL.....	41
3.6.1 Planification annuelle .....	41
3.6.2 Patients palliatifs .....	41
3.6.3 Patients curatifs .....	42
3.6.4 Pistes de recherche future.....	42
<b>CHAPITRE 4   FLUX DE PATIENTS EN CLINIQUE EXTERNE D'OBSTÉRIQUE .....</b>	<b>43</b>
4.1     La clinique au CHUSJ.....	43
4.2     Problématique.....	44
4.3     Objectif.....	45
4.3.1 Objectifs spécifiques .....	45
4.3.2 Originalité.....	45
4.4     Méthodologie .....	46
4.4.1 Développement du modèle de simulation .....	46
4.4.2 Validation du simulateur .....	53

4.5	Analyse de scénarios .....	55
4.5.1	Horaire des patients .....	55
4.5.2	Responsabilités du résident et de l'infirmière .....	57
4.6	Recommandations pour le CHUSJ.....	58
4.6.1	Horaire des patients .....	58
4.6.2	Gestion des rendez-vous multiple .....	59
4.6.3	Collecte des données .....	59
4.6.4	Pistes de recherche future.....	60
CHAPITRE 5 RECOMMANDATIONS ET DISCUSSION .....		61
5.1	Données informatisées .....	61
5.2	Implication des ressources médicales .....	61
5.3	Aspects qualitatifs des traitements .....	62
5.4	Outils de simulation .....	63
CONCLUSION .....		64
RÉFÉRENCES .....		65
ANNEXES .....		71

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 3-1. Patients traités et proportion de retard .....	27
Tableau 3-2. Jour d'arrivée des patients des patients en retard pour la consultation .....	27
Tableau 3-3. Quotas par période .....	33
Tableau 3-4. Horaire d'activité initial pour les médecins .....	35
Tableau 3-5. Horaire d'activité modifié pour les médecins .....	36
Tableau 3-6. Patients traités et proportion de retard pour le scénario 2 .....	37
Tableau 3-7. Patients traités et proportion de retard pour le scénario 3 .....	39
Tableau 3-8. Résumé des scénarios.....	40
Tableau 4-1. Temps de traitement en minutes pour les cliniques principales de l'unité .....	47
Tableau 4-2. Flux récurrents observés dans les cliniques de GARE, MIGO et obstétrique .....	49
Tableau 4-3. Temps d'attente en minutes .....	50
Tableau 4-4. Validation du simulateur avec la clinique du 2 juin 2014.....	54
Tableau 4-5. Validation du modèle avec la clinique du 6 juin 2014.....	55

## LISTE DES FIGURES

Figure 3-1. Proportion cumulative de patients en fonction du délai .....	28
Figure 3-2. Délai entre les rendez-vous des patients palliatifs.....	29
Figure 3-3. Délai entre les rendez-vous des patients curatifs 14.....	30
Figure 3-4. Délai entre les rendez-vous des patients curatifs 28.....	31
Figure 3-5. Taux d'occupation des accélérateurs linéaires en fonction de la semaine .....	32
Figure 3-6. Délai moyen entre l'arrivée d'un patient palliatif et son premier traitement par réPLICATION.....	34
Figure 3-7. Délai entre la consultation et le premier traitement pour les patients curatifs 14 .....	37
Figure 3-8. Délai entre la consultation et le premier traitement pour les patients curatifs 28 .....	38
Figure 4-1. Distribution des temps de traitement en obstétrique .....	48
Figure 4-2. Temps d'attente en minute par type de clinique.....	51
Figure 4-3. Flux de patients dans les cliniques de l'unité du CHUSJ.....	52
Figure 4-4. Distribution cumulative des temps moyens d'attente par réPLICATION .....	56
Figure 4-5. Distribution cumulative des temps d'inactivité du médecin par réPLICATION .....	57
Figure 4-6. Distribution cumulative des temps moyens d'attente par réPLICATION .....	57
Figure 4-7. Distribution cumulative des temps d'inactivité du médecin par réPLICATION .....	58

## **LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS**

CAN	Clarté nucale
CHUSJ	Centre hospitalier universitaire Sainte-Justine
CICL	Centre intégré de cancérologie de Laval
CMQ	Collège des médecins du Québec
CT-Scan	Appareil de tomodensitométrie axiale
GAMI	Gynécologie adulte et maladie infectieuse
GARE	Grossesse à risque élevé
MIGO	Médecine interne – gynécologie et obstétrique
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux

## **LISTE DES ANNEXES**

ANNEXE A – DISTRIBUTION DES CANCERS OBSERVÉE LORS DES SIMULATIONS ..	71
ANNEXE B – TAUX D’UTILISATION DES QUOTAS PAR JOUR.....	72
ANNEXE C – EXEMPLE DE FEUILLE DE COLLECTE DE DONNÉES AU CHUSJ .....	73
ANNEXE D – TEMPS DE TRAITEMENTS DANS LES CLINIQUES DE GARE – OBSTÉTRIQUE ET MIGO .....	74
ANNEXE E – TEMPS DE TRAITEMENT DANS LES CLINIQUES DE GYNÉCOLOGIE, CLARTÉ NUCALE ET OBSTÉTRIQUE DE L’INFIRMIÈRE.....	75
ANNEXE F – TEMPS D’ATTENTE DANS LES CLINIQUES DE GARE, MIGO ET GARE + MIGO .....	76
ANNEXE G – TEMPS D’ATTENTE DANS LES CLINIQUES D’OBSTÉTRIQUE, GYNÉCOLOGIE ET CLARTÉ NUCALE.....	77
ANNEXE H – TEMPS D’ATTENTE DANS LES CLINIQUES DE CARDIOLOGIE FAETALE ET OBSTÉTRIQUE DE L’INFIRMIÈRE.....	78
ANNEXE I – NOUVEL HORAIRE DES RENDEZ-VOUS EN OBSTÉTRIQUE.....	79

## CHAPITRE 1 INTRODUCTION

### 1.1 Le système de santé

Au Canada, nous avons la chance de profiter d'un système de santé public gratuit lors des consultations et pour la grande majorité des traitements. Cependant, cette méthode de fonctionnement est très coûteuse pour les contribuables ce qui limite l'augmentation du nombre de centres, de ressources matérielles et qui ne permet pas d'engager du personnel supplémentaire.

Avec tous les progrès technologiques qui permettent aux médecins de réduire les temps de traitement ou de suivi, nous constatons encore la présence de listes d'attente pour la majeure partie des spécialités médicales. L'Institut canadien d'information sur la santé (ICIS, 2014) mesure cette attente en calculant la proportion de patients recevant les traitements à l'intérieur d'un délai prescrit. L'attente dans ce contexte est considérée comme un des indicateurs de performance de tout système de santé. En 2013, au Québec, seulement 78 % des patients ont été traités à l'intérieur du délai prescrit de 182 jours pour une arthroplastie du genou, preuve qu'il y a nettement place à l'amélioration. En ce qui a trait au secteur de la radiothérapie, 98 % des patients ont été traités à l'intérieur du délai prescrit de 28 jours. Cependant, la priorité des patients n'est pas prise en compte et chaque jour qui passe sans avoir reçu de traitement réduit les chances de rémission.

En clinique externe, les gestionnaires cherchent à augmenter le débit de patients vus en une journée, mais il est difficile de prévoir le temps exact de consultation, les délais d'arrivée des patients, le taux d'absentéisme aux rendez-vous, etc. Ainsi, créer un horaire qui permet de voir un maximum de patients sans toutefois engendrer des heures supplémentaires pour les ressources devient une tâche complexe. De plus, une visite chez le médecin implique la plupart du temps une consultation avec plusieurs ressources de l'unité. Par exemple, en milieu universitaire, un patient devra passer par l'accueil, pour ensuite voir une infirmière, un résident (l'étudiant) et finalement le patron (médecin qui assure le suivi). Dans certains cas, un patient devra également passer par l'imagerie ou les laboratoires avant la consultation médicale. Nous utiliserons le terme parcours dans ce qui suit pour décrire le cheminement du patient. Les parcours multiples rendent la tâche d'organisation des rendez-vous très complexe contrairement à un parcours avec arrêt unique.

## 1.2 Objectif du projet

Encore aujourd’hui, la plupart des séquences de traitement sont fixées par une agente administrative lorsqu’une place est disponible. Les plages de traitements sont de durées fixes et parfois sont toutes en début de journée ce qui engendre une attente très importante pour les patients. Notre objectif principal est de développer un outil d’aide à la décision qui permettra d’exécuter des analyses de scénarios pour plusieurs cliniques externes différentes. Cet outil permettrait d’évaluer des impacts de changements aux processus autant sur les temps d’attente entre les rendez-vous et les temps d’attente en clinique, deux aspects qui sont toujours séparés dans les études. De plus, cet outil pourrait éventuellement aider l’automatisation du choix d’une date de traitement pour un nouveau patient d’une clinique externe. Les rendez-vous seraient donc connus plus tôt et le choix des plages serait choisi dans une optique de réduction des délais d’attente. Ainsi, nous avons décidé de développer un modèle de simulation qui permettra de répondre à tous ces besoins.

Pour le simulateur, nous avons choisi d’utiliser le langage de programmation Java. Ce choix nous a permis de développer un modèle général de simulation qui pourrait s’appliquer à différentes cliniques externes pour évaluer différents scénarios. Nous avons étudié deux cas réels en développant des collaborations avec le centre intégré de cancérologie de Laval (CICL) et le centre hospitalier universitaire Sainte-Justine (CHUSJ). Pour les deux cliniques externes étudiées, les problématiques étaient quelque peu différentes, mais le simulateur a permis d’évaluer différents scénarios et de proposer des solutions propres à chaque clinique.

Ce document s’organise comme suit. Le chapitre 2 présente une revue de littérature reliée aux problèmes de gestion dans le domaine de la santé, les chapitres 3 et 4 décrivent les projets étudiés, les recommandations se retrouvent au chapitre 5 et la conclusion se trouve au chapitre 6.

## **CHAPITRE 2 REVUE DE LA LITTÉRATURE**

La littérature reliée à l'organisation des rendez-vous en santé est dense et couvre plusieurs applications (Hall, 2012, Denton, 2013). Cet intérêt n'est pas nouveau, car on peut lire des recherches datant des années 1950 s'intéressant à la problématique des rendez-vous dans une clinique ambulatoire (Welch & Bailey, 1952). Nous ferons ici un survol de sujets choisis et insisterons sur les modèles basés sur la simulation.

### **2.1 L'organisation des rendez-vous en santé**

La gestion des rendez-vous dans les milieux hospitaliers est encore un sujet d'actualité. En effet, la littérature de recherche opérationnelle continue à présenter de nouvelles méthodes qui permettent de mieux prévoir ce qui se passera lors d'une journée à l'hôpital. L'une des plus grandes difficultés de l'organisation des rendez-vous dans le milieu de la santé demeure la combinaison de deux types d'attente. Gupta et Denton (2008) parlent de l'attente indirecte, soit le temps, généralement en jours, qui sépare la demande de consultation de la journée du rendez-vous, et de l'attente directe qui mesure le temps, en minute, durant lequel un patient est à l'hôpital, mais ne rencontre aucune ressource. Encore aujourd'hui, à notre connaissance, il n'y a aucune étude qui fasse référence à un modèle combinant les deux attentes. En général, le nombre de patients est déterminé en fonction d'une règle d'admission et l'attente directe subit les conséquences du choix et de la séquence des patients.

Nous avons recensé plusieurs études et allons les séparer en différentes catégories. On regroupe généralement les rendez-vous en trois grandes classes; les soins de première ligne, les blocs opératoires et les rencontres avec un (des) spécialiste(s) (Gupta & Denton, 2008). Nous commenterons plus particulièrement les applications en radiothérapie.

#### **2.1.1 Les rendez-vous en soins de première ligne**

Les rendez-vous en soins de première ligne se différencient des deux autres par le fait que les patients sont traités dans de très courts délais et l'on essaie même de trouver des façons de procurer des rendez-vous le jour même (accès ouvert ou planification avancée, Murray & Tantau, 1999). L'étude de Rose, Ross et Horwitz (2011), qui a analysé les travaux antérieurs sur les méthodes d'accès ouvert permet de voir qu'en général ce type de planification peut procurer une

diminution de la proportion de patients qui manquent leur rendez-vous et une diminution du temps d'attente direct. Cependant, implanter un tel système peut être très complexe et dans la plupart des cas, ne permet pas d'offrir un rendez-vous le jour même de la demande. En réalité, les rendez-vous seront attribués à l'intérieur d'une période de 24 à 48 heures. De plus, la continuité des soins est moins bien respectée ce qui fait que ce genre de politique est difficilement applicable aux autres classes de rendez-vous. Toutefois, il sera intéressant de garder en tête les méthodologies utilisées pour les comparer à la gestion des cas urgents dans les autres catégories de rendez-vous.

### **2.1.2 Les rendez-vous pour chirurgie ou avec un spécialiste**

Les horaires de blocs opératoires et de rencontres avec spécialiste ont certains points communs, notamment une plus grande variabilité dans les temps de traitements ainsi que la notion de liste d'attente. Une différence vient du partage de l'horaire des salles opératoires dans un hôpital qui vient limiter le nombre de plages de chirurgie par spécialité. Du côté des soins avec spécialistes, c'est plutôt le fait d'avoir à prendre de multiples rendez-vous avec des spécialistes différents qui vient complexifier la gestion des horaires.

En ce qui concerne les interventions chirurgicales, Guerriero et Guido (2011) mentionnent qu'en général la planification est faite en trois étapes, la planification stratégique, tactique et opérationnelle. Cette séparation permet de diminuer la taille des problèmes à résoudre, mais il est clair que les décisions prises en amont vont perturber les solutions « optimales » trouvées par la suite. La planification stratégique sert à distribuer les temps de blocs opératoires par spécialité chirurgicale. Peu d'études semblent étudier cette étape de la planification puisque les hôpitaux semblent se fier aux moyennes des années antérieures pour faire cette planification (Dexter, Macario, Qian, & Traub, 1999, Hosseini & Taaffe, 2014). Cependant, Hosseini et Taaffe (2014) ont introduit une mesure de variabilité dans les temps d'utilisation des blocs opératoires pour trouver qu'il soit possible de réduire la surutilisation des chambres opératoires et de mieux organiser l'horaire du personnel. De plus, Gillespie, McClean, FitzGibbons, Scotney et Dobbs (2014) ont comparé une approche déterministe à une approche stochastique pour voir noter une différence d'environ 33 % de la capacité annuelle entre les deux approches. Ainsi, ne pas considérer la variabilité dans les files d'attente occasionne une surestimation du nombre de patients pouvant être traités annuellement et engendre des coûts supplémentaires d'exploitation.

Les deux autres phases, quant à elles, sont applicables à la fois aux rendez-vous chirurgicaux et ceux de spécialité, d'où la similitude. La planification tactique permet de construire un horaire cyclique par médecin ou groupe de médecins. On détermine alors la quantité de patients à voir lors d'une journée. Van Oostrum, Bredenhoff et Hans (2010) parlent des différentes implémentations d'un horaire chirurgical cyclique et des avantages et difficultés associées. Comme avantage, notons qu'un tel horaire permet de quantifier le nombre de patients qui seront vus lors d'une journée opératoire ou de clinique, car on introduit la notion de capacité dans une journée. Cependant, il peut être complexe d'effectuer ce type de planification pour une clinique puisqu'elles reçoivent différents types de patients devant consulter différentes ressources ce qui engendre une grande variabilité dans les temps de traitements.

Finalement, la planification opérationnelle s'attaque à l'ordre des chirurgies électives à inclure dans une journée. Pour une journée de bloc opératoire, la séquence des opérations est importante, car on peut établir un ordre qui permettra de réduire les temps d'attente des patients et de non-utilisation des ressources. Notons les travaux de Pham et Klinkert (2008) qui définissent deux types d'organisation opérationnelle : l'horaire en continu, dans lequel les patients sont placés les uns à la suite des autres en déterminant un temps de rendez-vous (souvent le temps moyen) et l'horaire par bloc dans lequel les patients sont disposés dans des plages de temps prédéterminés. Hushka, Denton, Narr et Thompson (2008) ont également étudié l'impact d'algorithmes couramment utilisés sur les temps d'attentes des patients et les heures supplémentaires des ressources à l'aide d'un simulateur. Ils ont trouvé que placer les rendez-vous en ordre décroissant des temps de traitement moyens permet d'obtenir un bon compromis entre l'attente des patients et les heures supplémentaires des ressources.

Pour certains cas, notamment pour les rendez-vous au bloc opératoire, il est possible de déterminer une séquence de rendez-vous ou l'heure de début des procédures pour les patients lorsque les demandes sont connues longtemps en avance. Berg, Denton, Ayca Erdogan, Rohleder et Huschka (2014) ont produit un modèle permettant de trouver la meilleure séquence de rendez-vous en considérant un sous-ensemble de patients et la possibilité d'absentéisme au rendez-vous. Leur fonction objectif consiste à maximiser les revenus, générés lorsque  $n$  patients sont fixés dans l'horaire, en pénalisant toutefois l'attente des patients, l'inoccupation des médecins et les heures supplémentaires des employés. Leur modèle a permis de conclure qu'il est bénéfique de fixer plusieurs patients à de petits intervalles de temps (« overbooking ») lorsque la probabilité

d'absentéisme est élevée. De plus, les patients les plus sujets à s'absenter devraient être placés plus tard dans la journée. Le modèle est limitatif, puisqu'il devient très difficile à résoudre pour plus de 10 patients et ne considère pas l'attente indirecte.

Begen et Queyranne (2011) ont également essayé de trouver l'heure de début optimale pour  $n$  patients devant être opérés selon un ordre prédéterminé. Ils minimisent les temps d'attente des patients ainsi que l'inoccupation des médecins. L'aspect intéressant de leur méthode est qu'ils utilisent des temps de traitements discrets plutôt que continus, ce qui simplifie le problème sans perte de précision trop importante.

En clinique externe pour spécialiste, Chakraborty, Muthuraman et Lawley (2013) ont également étudié la possibilité de fixer l'heure d'arrivée des patients selon un ordre préétabli. Leur modèle permet d'augmenter les profits (sous des conditions similaires à celles de Berg & al. (2014)) et de permettre d'ajouter plus de patients de dernière minute que lorsqu'on fixe les rendez-vous par blocs de 15, 30 ou 60 minutes. Cependant, pour être efficient et prendre en considération les demandes de dernières minutes, l'algorithme doit être exécuté une journée à l'avance, ce qui ne satisferait pas la majorité des gestionnaires de clinique. En réalité, les rendez-vous avec spécialistes sont attribués le jour de la demande de consultation, donc plusieurs semaines à l'avance. Ainsi, il serait intéressant d'avoir un modèle qui construit l'horaire à long terme en attribuant d'emblée une heure de rendez-vous qui permettra de minimiser l'attente directe des patients, sans affecter les ressources de l'unité, deux objectifs qui vont à l'encontre l'un de l'autre. De plus, il sera important de tenir compte de l'arrivée de patients prioritaire en cours de route.

### **2.1.3 Modèles en radiothérapie**

La radiothérapie est un cas particulier de cliniques externes où les rendez-vous sont pris avec des spécialistes. En effet, la planification tactique en radiothérapie se fait principalement en attribuant une mesure du temps disponible ou bien en pré-déterminant des blocs de traitement d'une durée égale à la moyenne des procédures dans les unités de spécialistes. Les patients sont donc ajoutés à l'horaire de la journée où ils procurent un gain maximal pour le modèle. En radiothérapie, plusieurs auteurs ont bâti des modèles pour organiser l'horaire de traitement sur les accélérateurs linéaires, un processus très complexe, car les patients doivent recevoir de nombreux traitements parfois dans un délai très limité. Conforti, Guerriero et Guido (2008) ont étudié cette

problématique en formulant un modèle de programmation linéaire tentant de minimiser le temps d'attente des patients en fonction de leur priorité. Ils ont par la suite retravaillé le sujet avec un modèle plus étendu permettant d'ajouter de nouveaux patients à un horaire établi en considérant que l'ensemble des traitements était effectué sur le même accélérateur linéaire (Conforti, Guerriero & Guido, 2010). Dans les deux cas, le modèle ne prend pas en compte la date à laquelle un patient est prêt ni la date limite à laquelle un patient peut recevoir son traitement, aspect qui est très important pour respecter les contraintes du système québécois.

Un troisième article (Conforti, Guerriero, Guido, & Veltri, 2011) est venu répondre à ces aspects. Leurs résultats ont permis d'augmenter de 47 % le nombre de plages horaires utilisées dans l'horizon de planification par rapport à l'horaire réel, une nette amélioration. Burke, Leite-Rocha et Petrovic (2011) ont également modélisé cette problématique avec la programmation en nombres entiers. Leur objectif lexicographique avec comme idée principale de minimiser le nombre de patients en retard, ensuite trier les patients selon leur priorité, puis selon une norme un peu plus sévère et finalement de minimiser l'attente. Au départ, le modèle était lancé à la fin de chaque journée et par la suite, les auteurs ont testé plusieurs autres scénarios pour trouver qu'il faudrait lancer le modèle dès qu'un patient urgent arrive et à 7 jours de la fin de la préparation pour un patient curatif. Malgré tout, dans chacun des scénarios, la proportion de patients non traités dans les délais était de plus de 26 % ce qui laisse croire que le centre étudié devrait ajouter des ressources avant d'utiliser un tel modèle.

Des auteurs ont plutôt essayé d'apporter des solutions à cette problématique en appliquant des algorithmes qui permettent de trouver des solutions plus rapidement à ces problèmes qui deviennent trop volumineux pour résoudre à l'optimalité. Petrovic et Leite-Rocha (2008) ont mis en place quatre algorithmes constructifs pour fixer les rendez-vous de traitement. Ils placent en première phase tous les patients en ordre croissant de date limite, ensuite les égalités sont triées par priorité et par nombre de traitements. Les quatre algorithmes diffèrent par la façon de fixer les rendez-vous dans l'horaire de traitement. Le premier détermine une date cible d'entrée dans le système qui se trouve avant la date limite, si aucune date n'est disponible, on place le patient le plus tôt après la date limite. Le deuxième détermine un nombre de patients maximal de chaque type pouvant être traité lors d'une journée, si ce nombre est atteint, il est impossible d'en ajouter un autre. Le troisième fixe une (ou plusieurs) journée(s) durant la semaine lors de laquelle les types de patients peuvent être fixés dans l'horaire. L'accumulation de patients peut parfois

permettre de mieux organiser les rendez-vous. Finalement, une autre façon de retarder l'entrée de patients est d'attendre un nombre de jours prédéterminé avant de fixer les rendez-vous. Leurs résultats démontrent qu'il est préférable d'attendre un certain nombre de jours avant de fixer le rendez-vous tout en limitant le nombre de patients curatifs par jour et en ajoutant les patients une seule fois par jour (plutôt que dès leur arrivée). Comme dans plusieurs autres recherches, les auteurs considèrent le temps de préparation fixe, ce qu'il faudrait améliorer. De plus, la rapidité avec laquelle un patient reçoit son traitement est importante pour la guérison de celui-ci.

Petrovic, Morshed et Petrovic (2011) ont élaboré un algorithme génétique permettant de construire les horaires de traitement pour le processus entier de radiothérapie. Ils ont considéré trois scénarios, le premier où tous les patients sont égaux, le deuxième mettant les patients palliatifs en priorité et le troisième en appliquant une priorité aux groupes de patients. Les résultats montrent que de prioriser uniquement les patients palliatifs permet de respecter les dates prescrites par les autorités pour tous les patients. Cependant, notons que l'horizon de planification est fait en un bloc pour la période donc il est impossible de prendre en compte les heures supplémentaires effectuées par les employés. De plus, le modèle évalue les attentes directe et indirecte, mais tous les temps de traitements doivent être déterministes pour que l'algorithme fonctionne. Ainsi, certaines améliorations sont envisageables.

Une autre approche utilisée est la modélisation par des processus de décision markovien, qui se veut un modèle stochastique permettant de représenter les décisions dans un système. Cette approche utilisée dans le secteur industriel, notamment dans le milieu de l'aviation, a été introduite au secteur de la santé par Patrick, Puterman et Queyranne (2008) qui ont utilisé un processus de décision markovien approximatif (ADP) pour planifier les rendez-vous sur les appareils de tomodensitométrie dans un centre de santé de Vancouver. Leur recherche a servi à l'élaboration d'un modèle pour la planification des rendez-vous sur les accélérateurs linéaires du *British Columbia Cancer Agency* (Sauré, Patrick, Tyldesley, & Puterman, 2012). Le modèle cherche à optimiser les réductions de dépenses associées au retard des patients dans leur traitement. Leurs résultats permettent de voir que l'approche par processus de décision markovien approximatif permet une nette amélioration du taux de patients moins urgent qui satisfont les normes prescrites par les autorités par rapport à une approche ne considérant pas les admissions futures. En effet, avec l'ADP, on constate qu'environ 96 % des patients sont traités dans un délai

inférieur à 10 jours contre 73 % pour l'autre approche. Cependant, cette amélioration se fait au détriment de patients plus urgents, qui devraient être vus plus rapidement.

Plus récemment, on remarque l'apparition des algorithmes « online », utilisés en autres par Google pour évaluer les annonces à placer lors des recherches ainsi que pour la vente de sièges d'une compagnie de transport (Legrain & Jaillet, 2013). Pour les horaires en santé, Pérez, Ntiamo, Malavé, Bailey et McCormack (2013) ont utilisé cette méthode afin de fixer les horaires de médecine nucléaire, Hahn-Goldberg et al. (2014) ont créé un tel algorithme pour les traitements de chimiothérapie et Condotta et Shakhlevich (2014) l'ont utilisé afin de construire un gabarit d'horaire pour la chimiothérapie. Dans cette étude, les plages de traitements sont associées à un type de patient donc lorsqu'un nouveau patient arrive au centre, on trouve la plage de traitement qui correspond le mieux à sa situation.

Ensuite, Legrain, Fortin, Lahrichi et Rousseau (2014) ont développé un algorithme « online » permettant de fixer les plages de rendez-vous sur un accélérateur linéaire dès l'arrivée des patients dans le système. L'algorithme fonctionne de la façon suivante ; lorsqu'un nouveau patient arrive, on le place dans l'horaire en incluant un ensemble de patients artificiels qui représentent les arrivées subséquentes. Ainsi, cet algorithme ne nécessite aucune réservation de plages horaires pour les patients urgents. La méthode procure des résultats à environ 210 % de la solution optimale obtenue a posteriori, mais est bien meilleure que la solution actuelle à 316 % de l'optimal. Toutes les méthodes mentionnées ci-haut tiennent pour acquis un temps de préparation fixe alors qu'en réalité ce processus est très variable.

Pour ce qui est du prétraitement en radiothérapie, Castro et Petrovic (2012) ont créé un modèle d'optimisation linéaire trouvant un horaire qui minimise le nombre de patients dépassant la borne admissible tout en essayant de minimiser le délai maximal ainsi que la somme des délais pondérés par le poids du patient. Plusieurs approximations ont dû être faites pour simplifier le problème, par exemple le fait que tous les médecins puissent voir n'importe quel patient. De plus, une solution initiale doit être générée au préalable pour obtenir une solution en un temps raisonnable. À notre connaissance, cette référence est la seule qui regarde le processus de prétraitement dans le but d'optimiser l'horaire.

## 2.2 L'utilisation de la simulation

La majorité des recherches sur la conception d'horaire de rendez-vous dans le milieu de la santé fait référence à la simulation. En effet, concevoir un modèle de simulation est très intéressant lorsqu'on veut évaluer les effets d'un changement dans le nombre de ressources disponibles ou pour analyser de nouvelles politiques de rendez-vous (Gilespie et al., 2014). Plusieurs articles récents se classent dans la première catégorie (Proctor, Lehaney, Reeves, & Khan, 2007, Werker, Sauré, French, & Shechter, 2009, Berg et al., 2010, et Taobane 2012). Berg et al. (2010) ont utilisé la simulation à événements discrets pour étudier le flux de patients dans une clinique de colonoscopie. Ils ont évalué le nombre de patients consultés, les ratios d'utilisation des salles de traitement ainsi que des différentes ressources du processus afin de trouver le ratio optimal du nombre de médecins pour un certain nombre de salles ouvertes. Une de leur recommandation stipule qu'il ne faut en aucun cas allouer plus de deux salles à un médecin.

Ces études sont également présentes dans le domaine de la radiothérapie. Proctor et al. (2007) ont utilisé *Simul8* pour modéliser le processus de traitement à partir de la consultation. Seulement 5 répétitions d'une période de 13 semaines ont été réalisées. Les auteurs ont tenté d'analyser l'impact d'une augmentation de la clientèle, de l'ajout d'un scanner, d'une machine de traitement, de ne pas avoir son propre médecin pour la simulation et d'augmenter le temps d'ouverture d'un appareil de traitement. Leurs résultats démontrent qu'un changement dans les procédures peut être meilleur que d'ajouter des ressources.

Dans Werker et al. (2009), les auteurs simulent une partie du processus de prétraitement dans une unité de radiothérapie du *Vancouver Center* de la *British Columbia Cancer Agency* (BCCA) avec le logiciel *Arena*. Le processus analysé s'amorce après l'étape d'imagerie dans la préparation du traitement et se termine lorsque la préparation est prête. Ils ont observé plusieurs scénarios du type « et si? » pour quantifier les impacts de certains changements dans le processus sur le temps global de préparation d'un patient. Au total, 30 réplications d'une période de 100 jours ont été réalisées. Les temps de traitements étaient uniformes ou empiriques lorsque le nombre d'observations le permettait. Les résultats obtenus permettent de dire que les oncologistes n'auraient pas intérêt à suivre un horaire d'activité prédéterminé et d'assurer la consultation d'un nouveau patient à l'intérieur de deux jours. Les limitations du modèle sont principalement au niveau de la simplification du processus. En effet, on considère l'arrivée connue et après l'étape

d'imagerie donc les attentes indirectes avant la première consultation et avant le premier traitement ne sont pas étudiées.

L'étude réalisée par Taobane (2012) porte également sur le processus de radiothérapie. Celui-ci a pour sa part étudié le processus entier proposé par le Centre Intégré de Cancérologie de Laval pour trouver les goulots d'étranglement. Il a également vérifié les effets de la modification du nombre de ressources disponibles sur le nombre de patients pouvant être traités annuellement. Le modèle fait également 30 réplications d'une période de 100 jours, mais les temps de traitements utilisés sont uniformes ou triangulaires. Le modèle, réalisé avec *Arena*, permet de trouver que l'attente la plus importante se passe avant le premier traitement, ce qui concorde avec la littérature puisque la majorité de la recherche (en radiothérapie) est faite sur l'optimisation des plages horaires sur les accélérateurs linéaires (Kapamara, Sheibani, Haas, Reeves, & Petrovic, 2006, Petrovic et Leite-Rocha, 2008, Conforti et al., 2011, Burke et al., 2011, Legrain et al., 2014). Un second goulot peut être observé lors de la dosimétrie, étape où le calcul de la dose de radiation doit être fait. Le modèle ne permet pas de modifier les politiques de rendez-vous et ne planifie pas l'ensemble des rendez-vous à l'avance. Lorsqu'une plage de traitement est disponible, il va plutôt chercher parmi les patients de la liste celui qui est prioritaire.

Quelques articles spécifiques de simulation s'attaquent à l'évaluation de nouvelles politiques. Par exemple, Wijewickrama et Takakuwa (2005) ont utilisé le logiciel *Arena* pour créer un simulateur du département de médecine interne au Japon où des temps de traitements exponentiels, uniformes et triangulaires ont été utilisés. Ils ont analysé plusieurs scénarios qui permettraient de placer les arrivées de dernières minutes dans la journée. Leurs résultats montrent que de placer un plus grand nombre de patients en début de journée à intervalles plus rapprochés et de laisser une période du milieu de la journée sans rendez-vous permettait de réduire le temps total d'attente des patients.

Comas et al., (2008) ont simulé, avec *Simul8*, l'attente avant une chirurgie de la cataracte du système de santé de la Catalogne en Espagne. Dans cette étude, ils comparent la méthode utilisée actuellement, appliquant la priorité sur l'ordre d'arrivée des patients, par opposition à une autre méthode de priorisation se basant sur plusieurs facteurs pour déterminer un pointage (ou priorité) pour chaque patient. Le modèle, exécuté pour une période de cinq ans, a été simulé 20 fois. Au final, bien que l'attente moyenne diminue avec le second scénario, on constate que beaucoup plus

de patients attendent pour une très longue période. Cependant, ceux-ci sont considérés comme moins urgents.

Santibanez, Chow, French, Puterman, & Tyldesley (2009) ont pour leur part modélisé le flux de patients recevant une consultation au BCCA. Le modèle, fait avec *Arena*, considère plusieurs cliniques indépendantes (une par spécialiste) fonctionnant en même temps et considère également les étudiants (externes, résidents et fellows). Ils ont évalué l'impact de plusieurs changements dans le processus décisionnel, par exemple sur les heures d'ouverture de la clinique, sur l'impact des étudiants sur les temps de traitement des patients, sur l'ordre des rendez-vous (moins de variabilité en premier), sur l'emplacement où les cas urgents devraient être ajoutés, sur l'augmentation des temps de traitement, sur le fait de commencer la clinique à l'heure et bien d'autres. Pour simplifier le modèle, ils ont utilisé la liste de rendez-vous fixée pour le mois de janvier 2008 afin de ne pas avoir à générer de patients. 100 réplications d'une période d'un mois ont été faites et les temps de traitements suivent plusieurs lois différentes. En effet, les auteurs ont tenté de modéliser les distributions de temps de traitement, mais il était impossible de le faire pour certains cas où les observations n'étaient pas suffisantes ou lorsque la distribution empirique était bimodale. Parmi les observations faites avec le modèle, les auteurs constatent qu'une clinique débutant plus tard que l'heure prévue avait des répercussions importantes sur le temps d'attente des patients. En effet, cette répercussion est appliquée à tous les patients fixés lors de cette journée. Ils ont également conclu que puisque le nombre de nouveaux cas était relativement petit par rapport aux suivis, l'ordre des rendez-vous n'avait pas une importance cruciale. Finalement, l'ajout de patients urgents à la fin de la journée permet de réduire considérablement le temps d'attente moyen des patients.

Un simulateur peut être très efficace lorsqu'il est utilisé dans une boucle avec un modèle d'optimisation. Le simulateur prend alors les paramètres obtenus du modèle d'optimisation en entrée et produit d'autres mesures qui pourront être réoptimisées ensuite. Cette stratégie formulée par Glover, Kelly et Laguna (1996), pourrait être efficace pour construire un horaire de patient dans lequel trop de contraintes sont présentes. Cette approche est très utilisée dans le milieu industriel, notamment lors de la planification des ressources dans les centres d'appels (Avramidis, Chan, Gendreau, L'Écuyer et Pisacane, 2010), mais est très peu utilisée dans le domaine de la santé. Ahmed et Alkhamis (2009) ont utilisé ce type d'algorithme pour planifier la quantité de ressources nécessaires dans un département d'urgence et auparavant Baesler et

Sepulveda (2001) ont évalué quatre scénarios de flux de patients dans un centre de traitement de chimiothérapie.

## **CHAPITRE 3 FLUX DE PATIENTS EN CLINIQUE EXTERNE DE RADIOTHÉRAPIE**

Il est inquiétant de voir que depuis 2000, le nombre de décès relié aux maladies cardiovasculaires graves, principale cause de décès au Canada avant 2007, a considérablement chuté tandis que ceux reliés au cancer ne cessent d'augmenter. On prévoyait qu'en 2013, 18 600 nouveaux cas seraient diagnostiqués et que 7500 décès seraient attribués à cette maladie (Comité consultatif de la Société canadienne du cancer, 2013), ce qui constitue une augmentation par rapport aux 7125 décès en 2009. Les principales causes de cette hausse seraient la croissance démographique et le vieillissement de la population. En effet, on estime à 70 % la proportion des nouveaux cas touchant des personnes âgées de 50 à 79 ans. Ainsi, au cours des prochaines années, il sera essentiel de trouver des façons de traiter un plus grand nombre de patients avec des effectifs similaires.

Le Québec se trouve parmi les provinces canadiennes ayant les taux d'incidence et de mortalité reliés au cancer les plus élevés au Canada. On estime à 4600 le nombre de nouveaux cas dans notre province pour l'année 2012 (Comité consultatif de la Société canadienne du cancer, 2013). Sachant qu'en 2003, près de 1400 patients ont eu recours à un traitement de radiothérapie, nous pouvons penser que ce nombre continuera d'augmenter. Ces données justifient les efforts du gouvernement du Québec à augmenter l'accessibilité à ce service en effectuant des investissements de 162 870 000 \$ afin de permettre l'ouverture de deux nouveaux centres de radiothérapie (Longueuil et Laval) (Société québécoise du cancer, 2012). Par contre, la construction de nouveaux centres n'est pas le seul critère permettant une meilleure accessibilité. L'organisation des ressources est aussi très importante afin de pouvoir augmenter le volume de traitement pour ainsi suivre la hausse de l'incidence du cancer. De plus, depuis 2004, les différents centres de radiothérapie au Québec doivent suivre une cible émise par le Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS). Ainsi, un minimum de 90 % des patients devrait recevoir leur premier traitement de radiothérapie à l'intérieur de quatre semaines suivant la consultation avec un radio-oncologue (Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec, 2012). Également, le collège des médecins du Québec (CMQ) a fait approuver la même année, une grille donnant des délais de traitement bien précis selon les priorités de patients. Les patients considérés en danger de mort (catégorie 1) doivent être vus en 1 jour, les patients en soins

palliatifs (catégorie 2) en 3 jours, deux types de patients en soins curatifs sont vus respectivement avant 14 jours (catégorie 3) et 28 jours (catégorie 4) (Collège des médecins du Québec, 2004). Cette grille est beaucoup plus stricte que le délai de référence de 28 jours et est donc plus difficile à respecter. Répondre aux échéances est un enjeu majeur et le domaine de la recherche opérationnelle permettrait d'offrir les outils nécessaires pour une organisation efficiente des centres de traitements.

### **3.1 La clinique du CICL**

Le Centre intégré de cancérologie de Laval a ouvert ses portes à de nouveaux patients en 2011 suite à un investissement supérieur à 61 millions de dollars du gouvernement. Sa mission est d'offrir un suivi multidisciplinaire centré autour des patients atteints de la maladie et de leur entourage. De plus, il constitue le seul centre de radiothérapie sur la couronne nord de Montréal donc il rapproche les traitements de radiothérapie pour les patients cette région.

La prévention est la première ligne d'attaque pour réduire le nombre de patients atteints de cancer. Ainsi, les patients sont invités à passer des examens afin de vérifier leur condition. Le centre assure donc un service de dépistage et de diagnostic aux patients ce qui constitue l'une des portes d'entrée dans le processus de traitement. La chirurgie oncologique est l'un des traitements offerts au centre. Lorsque la tumeur est accessible pour les chirurgiens, cette étape constitue la première phase du traitement. La chimiothérapie est un autre traitement offert par le CICL. Une équipe d'hémato-oncologues, de pharmaciens et d'infirmiers s'occupent des 30 espaces où les traitements peuvent être administrés. Une équipe de radio-oncologues, de technologues, de physiciens et d'infirmiers s'occupent de faire fonctionner le département de radio-oncologie et ses équipements à la fine pointe de la technologie. Finalement, un service de support, incluant des nutritionnistes, orthophonistes, travailleurs sociaux et psychologues, est offert aux patients tout au long de leur traitement et aide particulièrement les patients palliatifs.

L'étude est faite sur les patients qui reçoivent un traitement en radiothérapie externe uniquement. Pour ces patients, le centre est ouvert du lundi au vendredi de 7 h 30 à 17 h 30 pour tous les patients, mais certains patients de catégorie 1 peuvent être traités hors des heures d'ouverture. L'horaire d'activité des sept radio-oncologues est déterminé à l'avance pour être en mesure de préparer les patients le plus rapidement possible. En plus des médecins, l'équipe est constituée d'infirmières, de technologues, de dosimétristes et de physiciens. Le centre détient quatre

accélérateurs linéaires (les machines de traitement) et un appareil de tomodensitométrie axiale. Le centre a également accès à un deuxième appareil les mardis et jeudi pour des patients palliatifs uniquement.

### **3.2 Problématique au CICL**

Les limitations financières des institutions de santé font en sorte qu'il est impossible d'ajouter du personnel ou de l'équipement pour réduire les délais d'attente avant un traitement avec un spécialiste. En radiothérapie, un patient doit recevoir jusqu'à 44 traitements fixés quotidiennement et sans interruption sur un accélérateur linéaire, appareil qui administre la radiation afin d'éliminer les cellules cancéreuses. Les étapes précédant le premier traitement sont nombreuses. Les patients doivent consulter un médecin en première ligne afin d'obtenir une consultation avec un oncologue (le spécialiste). Lorsque cette demande arrive au centre de traitement du cancer, le patient se voit attribuer à un spécialiste qui le suivra tout au long du processus. En général, le délai entre ces étapes est relativement court, mais certains centres établissent des quotas de nouveaux patients. Ainsi, pour les patients curatifs de catégorie 3 et 4, qui doivent recevoir leur consultation à l'intérieur de 7 et 14 jours (selon la localisation et la quantité de cellules cancéreuses), le délai est respecté. Par contre, il est parfois plus complexe d'offrir un rendez-vous à un patient palliatif (catégorie 2) devant être vu avant trois jours. Ces patients, pour lesquels la radiothérapie n'est qu'une façon d'apaiser les souffrances, bénéficieraient d'obtenir une consultation dans les heures suivant leur demande.

Cette problématique n'est qu'une mince partie du processus de traitement en radiothérapie. Après leur consultation, les patients doivent obtenir un rendez-vous en tomodensitométrie, un examen d'imagerie permettant de créer une représentation en trois dimensions des différentes parties internes du corps (Société canadienne du cancer, 2014). Cette image permet entre autres de visualiser l'emplacement de la tumeur. Une fois celle-ci identifiée par un technologue, une équipe de dosimétristes et de physiciens en collaboration avec le radio-oncologue calculent la dose de radiation qui sera administrée. La dose sera choisie en fonction de l'emplacement et du volume de la tumeur ainsi que de l'âge, du sexe et des traitements antérieurs du patient (Institut National du Cancer [INCa], 2014). Le calcul est réalisé avec l'aide d'un programme informatique qui optimise l'élimination de la région ciblée en épargnant les tissus qui se trouvent autour. Les calculs peuvent durer de quelques dizaines de minutes à plusieurs heures selon l'emplacement et

le type de dosimétrie et ils doivent également être validés par un second technicien. Cette étape fastidieuse est cruciale dans le processus et doit être bien prise en compte dans l'organisation des rendez-vous. Après cette évaluation, le prétraitement des patients est terminé.

La gestion des rendez-vous sur les accélérateurs linéaires constitue d'emblée un problème important en radiothérapie puisqu'il faut réserver une plage horaire fixe pour entre 5 et 44 traitements en respectant les délais fixés par le collège des médecins pour les différentes catégories de patients. Ce problème est évidemment très complexe puisqu'il faut considérer les délais de traitement, la priorité des patients, la variabilité du nombre de traitements et créer des horaires où le personnel ne sera pas forcé à travailler en temps supplémentaire. Il faut donc trouver un compromis entre le fait de réserver certaines plages de l'horaire pour des patients de catégories 1 et 2 ou encore de donner les rendez-vous le plus tôt possible pour tous les patients. La première méthode permet à plus de patients de catégories 1 et 2 d'être traités à l'intérieur des délais prescrits, mais fait augmenter l'attente des autres patients. De plus, la réservation de trop de plages pour les patients hypothétiques qui devront être traités rapidement risque d'entraîner la non-utilisation de certaines plages de traitements. Dans l'autre cas, les délais des patients de catégories 1 et 2 seront trop importants.

Actuellement, les modèles d'optimisation des rendez-vous en radiothérapie ne considèrent que l'attribution des plages sur un accélérateur linéaire. Certains modèles attribuent les plages sans considérer la priorité des patients (Conforti et al, 2008), mais la réalité québécoise nous oblige à résoudre ce problème avec un aspect stochastique pour considérer la priorité des patients. Des modèles prennent compte de ce dernier aspect (Legrain et al, 2014), mais tous prennent pour acquis que la durée du prétraitement est fixe pour tous les patients d'une même catégorie. Nous avons proposé un modèle de simulation qui permettra d'analyser des changements aux processus de rendez-vous sur tout l'horizon du prétraitement et du traitement.

### **3.3 Objectif**

L'objectif principal était d'augmenter la proportion de patients respectant les délais prescrits par les normes gouvernementales. Ceci devra être fait en modifiant les politiques du centre et non avec l'ajout de nouvelles ressources. Pour y arriver, il serait possible d'augmenter le délai entre la consultation et le premier traitement de certains patients moins urgent.

### **3.3.1 Objectifs secondaires**

- Modéliser le flux de patients dans l'unité de radiothérapie
- Développer un outil d'aide à la décision permettant de faire l'analyse de plusieurs scénarios en peu de temps dans le but d'augmenter la capacité de traitement du centre

### **3.3.2 Originalité du projet**

Il existe encore très peu d'études sur le flux complet de patients en radiothérapie. Plusieurs auteurs s'attaquent au problème d'organisation des rendez-vous sur les accélérateurs linéaires et permettent d'améliorer cette planification, en tenant pour acquis que le temps de préparation est fixe et stable. Or, plusieurs étapes doivent être réalisées pour qu'un patient soit prêt et le temps entre le début de cette préparation et le début des traitements est un facteur important dans la guérison des patients. Ainsi, l'évaluation du système de traitement global de radiothérapie permettra de mesurer non seulement le nombre de patients respectant les échéances du collège des médecins, mais également le temps de préparation global des patients. En combinant le simulateur aux modèles d'optimisation pour les plages d'un accélérateur linéaire, il sera possible d'aider grandement les gestionnaires œuvrant dans le domaine de la radiothérapie. Ils pourront traiter plus de patients avec les mêmes ressources tout en réduisant les délais d'attente quotidiens.

## **3.4 Méthodologie**

Bien que les études ne puissent pas démontrer avec certitude que les délais réduisent les chances du traitement, plusieurs chercheurs pensent que l'augmentation du volume de la tumeur (le cancer) rend les traitements de radiothérapie beaucoup moins efficaces (Mackillop, 2007). Heureusement, des techniques de recherche opérationnelle peuvent nous aider à établir des règles d'organisation d'horaire et à tester différents scénarios sans perturber les traitements actuels.

### **3.4.1 Développement du simulateur**

#### **3.4.1.1 Choix du langage pour le modèle**

Pour le développement de notre modèle, nous avions initialement à choisir entre un langage de programmation (Java, C++) ou l'utilisation d'une suite telle Arena ou FlexSim adaptée au milieu

de la santé. Notre revue de la littérature était importante pour cette étape afin d'identifier les avantages et inconvénients de chacune des méthodes.

La programmation du modèle en Java a pour avantage de permettre toute la flexibilité nécessaire au modèle. Il n'y a aucune contrainte sur les interactions entre les ressources, la gestion des files d'attente, les flux de patients et les mesures enregistrées, car tous les modules sont programmés en fonction des besoins précis du modèle. L'exécution de réplications du modèle est également plus rapide puisque tout est optimisé en fonction des besoins. Cependant, le processus de construction du simulateur est beaucoup plus complexe et développer tous les modules prend beaucoup plus de temps. De plus, bien qu'il soit possible de construire des objets qui peuvent être réutilisés d'un simulateur à l'autre, il est presque impossible de laisser toute la flexibilité requise dès la première implémentation. De petites modifications sont souvent nécessaires pour adapter les modèles à d'autres scénarios.

En créant le modèle à partir d'une suite de simulation, les premiers résultats pourraient être présentés plus rapidement, car la création du modèle est plus rapide. Cette méthode serait donc avantageuse au point de vue d'évaluation de scénarios du type « et si ? » permettant d'évaluer les impacts de l'augmentation ou diminution du personnel, des horaires de patients, de changement dans l'ordre des rendez-vous ou dans la gestion des files d'attente. En contrepartie, il serait plus difficile de combiner le simulateur à plusieurs modèles d'optimisation développés par d'autres chercheurs.

Comme nous voulons évaluer des milliers de réplications par scénario et que nous aimerais permettre à d'autres chercheurs d'utiliser le simulateur à l'intérieur d'un modèle d'optimisation, nous avons choisi d'utiliser le langage Java pour le développement de notre modèle. Le choix de Java plutôt que C++ vient du fait qu'il existe une excellente bibliothèque d'outils de simulation, SSJ, développée à l'Université de Montréal.

### **3.4.1.2 Importation des données du centre**

De façon à pouvoir utiliser le simulateur avec plusieurs scénarios et possiblement pour plusieurs hôpitaux, pour amorcer la simulation, il faut spécifier plusieurs paramètres au programme.

Tout d'abord, il faut passer en paramètre les informations sur les médecins (horaires par activité, spécialités, quotas), les technologues (horaire) et les machines (horaires). On passera également

en paramètre la distribution des cancers (proportion, priorité) ainsi que la distribution du nombre de traitements qui leur est associé. Un objet contenant ses informations sera ainsi créé et il permettra de générer automatiquement un cancer selon la distribution souhaitée et de lui associer un nombre de traitements.

D'autres paramètres sont utiles au système. L'un d'eux sert à déterminer le taux d'arrivée par jour des patients (ici, on parle d'un taux global, le type de cancer sera déterminé ensuite), un autre permet de déterminer le nombre de plages horaires réservées par jour pour les patients palliatifs et finalement, il est possible d'ajouter un délai minimal par catégorie de patient qui sera ajouté entre la demande de consultation et la consultation.

Une fois le centre créé, le simulateur pourra être lancé en spécifiant un nombre de jours pendant lequel rouler ainsi que le nombre de répétitions à faire.

### **3.4.1.3 Notes sur le simulateur**

Dans le but de simplifier la description du simulateur, voici quelques notes sur le simulateur et quelques choix d'implémentation.

Le premier choix qui a été fait était de représenter une semaine sur 7 jours. Ceci permettra plus de flexibilité dans l'éventualité où l'on voulait ajouter des activités lors des jours de fin de semaine afin de voir s'il y a des améliorations possibles. De plus, cette implémentation sera utile lors du calcul des délais de traitement (pour les comparer aux normes gouvernementales).

Tous les temps n'ont pas été discrétisés. Ce choix améliore la précision puisque les temps de traitements ne sont pas arrondis, mais il accélère également le déroulement de la simulation, la raison principale de ce choix. En effet, à la place de passer en revue tous les blocs de cinq ou quinze minutes pour vérifier si un événement se passe, une action est ajoutée dans une liste lors de tous changements dans la journée. Ainsi, nous réduisons considérablement les sauts dans la simulation et par le fait même la durée de la simulation. Ce choix complexifie par contre certains aspects, par exemple la recherche d'une plage de disponibilité commune à deux ressources. C'est pourquoi la représentation d'une journée de travail se fera sous la base d'une quantité de minutes (par exemple 8 h à 12 h sera représentée par 240 minutes).

La journée de travail de toutes les ressources est séparée en deux périodes. L'une d'elles représente l'avant-midi et l'autre l'après-midi. Ceci résulte du fait que les ressources n'ont pas nécessairement le même horaire de travail donc il faut éviter d'ajouter un rendez-vous qui

requiert deux ressources si l'une d'elles ne peut pas faire le traitement en même temps. De plus, ceci permet de gérer plus facilement l'horaire des médecins qui ont parfois deux activités différentes dans une journée.

La liste de demandes de consultation sera générée au début de la journée plutôt que de simuler au fil de la journée le temps interarrivée des patients. Ceci permettra d'ajouter les patients la journée même, plutôt que d'avoir à attendre au minimum la période suivante. La planification des rendez-vous sera faite dans l'ordre premier arrivé premier servi afin de respecter la priorité d'arrivée des patients. Cependant, l'instauration d'un délai minimal pourrait faire en sorte qu'un patient curatif serait traité après un palliatif même s'il est arrivé avant.

### **3.4.2 Modélisation du processus**

L'objectif ultime du simulateur est de voir s'il est possible de traiter tous les patients à l'intérieur des délais gouvernementaux prescrits. Ainsi, dans les files d'attente, les patients sont triés selon le nombre de jours restant avant la date maximale de traitement. Il est important à cette étape de noter les deux types de rendez-vous possibles pour un patient. Le rendez-vous physique et le rendez-vous de dossier. Le rendez-vous physique en est un où le patient doit se présenter à l'hôpital tandis qu'un rendez-vous de dossier est une étape du processus de prétraitement qui ne nécessite pas la présence du patient. La différence entre les deux est importante, car le patient devra connaître le plus tôt possible la date d'un rendez-vous physique tandis qu'un rendez-vous de dossier n'a pas à être prévu d'avance. De plus, un rendez-vous physique sera ajouté à l'horaire du personnel uniquement s'il reste assez de temps à la ressource pour terminer ce rendez-vous avant la fin de son activité, par exemple, un rendez-vous physique de 30 minutes ne serait pas ajouté à l'horaire d'une ressource qui tombera en pause dans 20 minutes. Pour un rendez-vous de dossier, le simulateur permettra d'interrompre l'activité et de la reprendre au retour de la ressource.

Pour représenter les deux types de rendez-vous, deux types de listes seront implémentés. Tout d'abord, l'objet file d'attente ajoute un patient à la fin de la liste (par défaut) ou au début si on le spécifie. Lorsque l'on veut aller chercher un patient, on demandera à avoir un patient prêt pour une certaine activité. Le patient ayant la date butoir la plus petite sera retourné. L'objet liste de rendez-vous permettra d'ajouter un patient en spécifiant le jour et la période du rendez-vous. Le patient sera alors placé comme étant le dernier de ce créneau. Lors de la simulation, l'ajout du

rendez-vous des patients se fait en début de simulation. Ainsi, la liste retournera une sous-liste contenant tous les patients dans un créneau spécifié. Ils seront traités dans l'ordre d'ajouts à la liste.

### **3.4.2.1 Initialisation de la journée**

Au début d'une journée, si la journée est en semaine, la liste de demande de consultation est générée et les consultations sont ajoutées. Ensuite, pour tous les jours, les listes de rendez-vous sont parcourues afin d'ajouter les patients ayant un rendez-vous lors de la période qui arrive. Ces rendez-vous sont ajoutés à la liste d'événements du simulateur à l'heure où le rendez-vous précédent termine. Ainsi, tous les rendez-vous sont un à la suite des autres. Les listes de ressources sont ensuite parcourues afin d'ajouter toutes celles qui travailleront lors de cette période. Les ressources sont ajoutées après les rendez-vous, car un nouvel événement se place dans la liste avant les éléments existants fixés à la même heure.

### **3.4.2.2 Ajout d'une consultation pour un médecin**

La méthode qui ajoute les consultations parcourra la liste des arrivées, une liste non prioritaire, et ajoutera chacune des consultations au médecin approprié. Pour chacun des patients, la liste des médecins sera parcourue et parmi tous les médecins pouvant traiter le cancer du patient, on cherchera celui qui peut recevoir la consultation le plus tôt possible. Certaines règles sont suivies afin de trouver cette plage de consultation.

- Le médecin doit avoir comme spécialité le type de cancer du patient qui doit être fixé à l'horaire
- L'activité du médecin doit être la consultation
- Le médecin doit avoir assez de temps pour compléter la consultation avant la fin de la période
- Le quota de patient doit être respecté
- La plage de disponibilité restera en mémoire pendant que la liste des médecins est parcourue.

Afin d'accélérer le processus, on arrête la recherche dès que la plage en mémoire est dépassée.

### **3.4.2.3 Ajout d'un rendez-vous pour la tomodensitométrie axiale (CT-Scan)**

Le rendez-vous pour le CT-Scan est fixé dès que la consultation du patient est terminée pour tous les patients qui continueront leur traitement. En effet, environ 20 % des patients se verront

attribuer d'autres traitements et n'entreront pas dans le processus de prétraitement de radiothérapie.

Tout comme pour les rendez-vous de consultation, les patients seront fixés le plus tôt possible pour un prochain rendez-vous. Celui-ci sera attribué lorsqu'un CT-Scan sera disponible et doit coïncider avec une plage de disponibilité pour le médecin traitant. Celui-ci devra être dans une période de planification, pour recevoir un patient curatif et peut aussi être dans une période de dosimétrie s'il s'agit d'un patient palliatif. Ainsi, l'algorithme exécutera les étapes suivantes pour un patient curatif :

- Rechercher la prochaine plage de planification du médecin traitant
- Vérifier si le temps restant dans cette plage est plus grand ou égal au temps d'exécution de l'activité
- Vérifier si le CT-Scan 1 est libre dans ce créneau
- Recommencer les étapes précédentes jusqu'à ce que le patient soit fixé à l'horaire
- Pour un patient palliatif, les étapes seront similaires :
- Rechercher la prochaine plage de planification ou de dosimétrie du médecin traitant
- Vérifier si le temps restant dans cette plage est plus grand ou égal au temps d'exécution de l'activité
- Vérifier si le CT-Scan 2 est libre dans ce créneau
  - Sinon, vérifier si le CT-Scan 1 est libre dans ce créneau
- Recommencer les étapes précédentes jusqu'à ce que le patient soit fixé à l'horaire

#### **3.4.2.4 Tomodensitométrie axiale**

Après le rendez-vous du CT-Scan, le patient n'a plus à se présenter physiquement au centre jusqu'au jour où le traitement sera simulé pour la première fois. Ainsi, le système gérera les prochaines étapes en utilisant des rendez-vous de dossier. Les rendez-vous ne seront pas établis en avance, mais plutôt choisis au fur et à mesure qu'une ressource se libère. Bien évidemment, les patients ne seront plus traités par l'ordre d'arrivée. Ceux qui doivent être traités le plus rapidement seront prioritaires.

Les étapes de l'imagerie diffèrent selon certains scénarios. Le premier serait pour un patient palliatif qui aurait son rendez-vous d'imagerie la même journée que sa consultation. Dans un tel scénario, le médecin et le technologue réalisant l'imagerie pourront apporter toutes les modifications et préparer le traitement pour que le patient puisse être rapidement disponible pour un rendez-vous sur l'accélérateur linéaire. Ceci est réalisé dans le but de traiter les patients

palliatifs en une journée ou moins. Dans le cas où le patient palliatif n'aurait pas eu sa consultation la même journée que son rendez-vous d'imagerie, le médecin ne sera pas physiquement présent lors de l'imagerie. Cependant, il sera disponible pour réviser son dossier de façon prioritaire pour ensuite l'envoyer à la simulation. Finalement, pour un patient curatif, le rendez-vous d'imagerie ne sera pas lors de la même journée que sa consultation. Ainsi, lorsque ce patient sera passé sous le CT-Scan, et que le technologue aura tracé le contour de la tumeur, son dossier sera mis en liste d'attente pour être validé par le médecin. Puisque le rendez-vous est lors d'une période de planification du médecin, celui-ci devrait être en mesure de valider le tout dans la journée.

### 3.4.2.5 Dosimétrie

Pour la dosimétrie, les patients sont encore une fois ajoutés à une file d'attente qui renverra le patient le plus prioritaire selon l'activité de dosimétrie choisie. Les activités possibles sont le calcul initial, la vérification par un pair et la validation du médecin. Ainsi, lorsqu'un dosimétriste se libère, la file d'attente de dosimétrie est parcourue de la façon suivante :

- Retourner, s'il y a lieu, le patient le plus prioritaire pour la vérification de la dose
- Si aucun patient ne correspond à ce critère ou si la dose initiale a été calculée par ce dosimétriste, passer à l'étape 2
  - Sinon, vérifier la dose initiale
- Retourner, s'il y a lieu, le patient le plus prioritaire n'ayant pas eu de dosimétrie initiale
- Si aucun patient n'attend sa dosimétrie initiale, attendre qu'un patient soit ajouté à la liste
  - Sinon, calculer la dose initiale

Lors du calcul de la dose initiale, le système choisira la méthode à utiliser (IMRT ou Dosimétrie 3D) selon les proportions établies par le centre. Lors de la vérification de la dose initiale, le système vérifiera si le calcul doit être recommencé ou non. Dans l'un ou l'autre des cas, le dossier patient sera retourné dans la file d'attente avec l'activité correspondante. Dans le cas où le dossier est retourné pour un recalcul de la dose, il passera de façon prioritaire et sera ensuite mis directement en file pour la validation du médecin.

L'activité de validation du médecin traitant sera exécutée uniquement lorsque ce dernier est dans une période de dosimétrie. S'il juge que la dose n'est pas bien calculée, le processus de dosimétrie recommencera du début. Sinon, le dossier du patient sera mis dans une file de rendez-vous pour la simulation.

### 3.4.2.6 Traitement

L'étape cruciale du processus sera de trouver un créneau horaire permettant de traiter un patient pendant un nombre déterminé de jours consécutifs. Ceci devra être précédé d'une période de simulation du traitement. Cette simulation sera placée tout juste avant le premier traitement dans le cas d'un patient palliatif et sera la journée précédant le premier traitement pour un patient curatif. Ici, contrairement aux autres rendez-vous à fixer, il faut trouver un ensemble de plages ce qui est un peu plus complexe que de trouver une seule plage. Heureusement, tous les rendez-vous de simulation et de traitement ont la même durée soit de vingt minutes par plage. Voici les étapes exécutées pour choisir ces  $n$  rendez-vous pour les patients curatifs.

- Trouver une première plage de 20 minutes disponible sur un accélérateur linéaire et la mettre en mémoire
- Vérifier si tous les  $n$  rendez-vous peuvent être ajouté pour la même période sur le même accélérateur linéaire sur la période de jours ouvrables consécutifs
- Si oui, ajouter le patient sur cet accélérateur linéaire pour son traitement
  - Sinon, trouver la prochaine plage disponible en partant de la fin de la plage en mémoire

Ainsi, pour un patient nécessitant 25 rendez-vous, il faudrait trouver une période où il y a au moins une plage de vingt minutes pendant 26 jours ouvrables consécutifs.

Pour les patients palliatifs, un peu plus de flexibilité est accordée. Voici les étapes pour fixer  $n$  traitements.

- Trouver une première plage de 40 minutes (simulation et premier traitement) disponible sur un accélérateur linéaire et la mettre en mémoire
- Pour tous les jours ouvrables consécutifs jusqu'à  $n-1$
- Vérifier si le rendez-vous peut être ajouté pour la même période sur le même accélérateur linéaire
- Si oui, continuer pour le lendemain
  - Sinon, vérifier s'il peut être ajouté dans l'autre période sur le même accélérateur linéaire
- Si aucune disponibilité n'est accessible lors d'une journée, trouver la prochaine plage disponible en partant de la fin de la plage en mémoire

Pour un patient palliatif nécessitant 5 rendez-vous, il faudrait donc trouver une période où il y a une première plage de 40 minutes et quatre plages de 20 minutes lors des jours successifs.

### 3.4.3 Validation du modèle

Le simulateur a été conçu pour évaluer certains aspects du processus de prétraitemen t en radio-oncologie au CICL. Pour débuter le processus, il a fallu déterminer un horizon de temps à simuler afin d'avoir une bonne représentation du système. Puisque notre système démarre en étant vide, il a fallu considérer le temps que prendrait le système pour se remplir. Ainsi, une première simulation a été faite pour vérifier ce temps. Une période d'environ 70 jours était donc nécessaire pour que le système se remplisse et représente un scénario réel, période qui a été écartée des mesures. En faisant les simulations sur une période de deux ans, il serait ainsi possible d'observer un nombre assez important de patients pour pouvoir conclure si le modèle semble bien représenter la réalité et s'il y a, ou non, des améliorations lorsque certains changements sont ajoutés dans le processus de prétraitemen t. Pour mesurer la variabilité des simulations, une série de 100 répliques ont été prises pour chacun des scénarios expérimentés. Puisqu'il était impossible de recueillir toutes les mesures nécessaires sur une aussi longue période, la validation du modèle s'est faite en consultant les experts de la clinique et en comparant les résultats avec ceux de modèles de la littérature similaire.

Quelques observations sur le centre ont été faites pour débuter. Tout d'abord, pour chaque semaine, 58 nouveaux patients peuvent être admis. Ceci est dû au quota établi pour chacun des médecins du centre. De ce nombre, uniquement 18 patients peuvent être palliatifs. Ceux-ci arrivent selon une loi de Poisson (Werker et al, 2009, Taobane, 2012) avec une moyenne d'arrivées de 6.23 nouveaux patients par jour. Ces mesures ont été prises d'après les observations recueillies du centre entre les mois d'avril à juin 2012. Nous avons borné les arrivées à 13 nouveaux cas par jour, valeur maximale des observations sur cette période. Avec, ce taux d'arrivée, il est presque impossible que les 58 plages de rendez-vous soient allouées en une même semaine. De plus, il y a un total de 62 plages de CT-Scan disponibles par semaine. Ainsi, avec un horaire de médecin optimal, il devrait être possible de faire passer un CT-Scan à tous les nouveaux patients à l'intérieur d'une semaine. Les étapes suivantes se passent sans la présence physique du patient au centre de traitement. Puisque le temps de calcul d'une dose est plus grand que le temps de contour de la tumeur, cette activité semble avoir des chances de constituer un goulot dans le processus. Finalement, 120 plages sont disponibles à chaque jour sur les accélérateurs linéaires du centre de traitement. Ainsi, nous pourrons voir si ceci constitue une limite quant à la quantité de patients qui peuvent être traités en une semaine.

### 3.4.3.1 Quantité de patients traités

Dans le scénario initial, qui représente l'état actuel du CICL, 2559 patients ont été traités en moyenne. Selon les estimations faites par les représentants du centre, en considérant qu'environ 73 % des patients sont curatifs et qu'ils requièrent en moyenne 25 périodes de traitement et que les autres patients sont palliatifs et requièrent en moyenne 5 périodes de traitement, 3183 patients seraient traités pour une période de deux ans ce qui surestime énormément la réalité. Le Tableau 3-1 contient le nombre moyen de patients traités par catégorie ainsi que la quantité dépassant les limites gouvernementales. Ces moyennes sont établies sur l'ensemble des 100 réplications.

Tableau 3-1. Patients traités et proportion de retard

<b>Catégorie</b>	<b>Patients traités</b>	<b>Patients consultés en retard</b>		<b>Patients traités en retard</b>	
		<b>Nombre</b>	<b>%</b>	<b>Nombre</b>	<b>%</b>
<b>Palliatifs</b>	682.3	22.3	3.27	206.1	30.21
<b>Curatifs (14j)</b>	1494.2	0	0.00	185.2	12.39
<b>Curatifs (28j)</b>	383	0	0.00	0.3	0.08

Les résultats de ce tableau indiquent tout d'abord qu'il pourrait y avoir de l'amélioration au niveau du délai pour la consultation des patients palliatifs. En faisant l'analyse sur le jour d'arrivée des patients ayant reçu leur consultation après trois jours, il sera possible d'identifier des améliorations possibles aux périodes de consultation pour les patients palliatifs.

Tableau 3-2. Jour d'arrivée des patients des patients en retard pour la consultation

	<b>Lundi</b>	<b>Mardi</b>	<b>Mercredi</b>	<b>Jeudi</b>	<b>Vendredi</b>
<b>Proportion des retards</b>	0.0	0.0	0.0	0.18	99.82

En observant le Tableau 3-2, on peut voir que les patients palliatifs qui reçoivent leur consultation après trois jours arrivent un jeudi ou un vendredi. Cette dernière journée étant définitivement la plus problématique. Dans un scénario futur, une répartition différente des quotas de consultation pour patients palliatifs sera évaluée afin d'essayer de respecter les délais de consultation.

Avec les informations du Tableau 3-1, il est également possible de constater qu'il y a plus de 30% des patients palliatifs qui reçoivent leur premier traitement en retard. L'analyse des délais entre les différentes étapes du prétraitement sera nécessaire afin de déterminer l'endroit où l'attente pourrait être réduite. Finalement, plus de 12% des patients curatifs de catégorie 3 reçoivent leur premier traitement en plus de 14 jours et presqu'aucun des patients curatifs de catégorie 4 n'est traité après le délai de 28 jours. Ceci est expliqué par le fait que les politiques actuelles du centre de traitement traitent tous les patients curatifs selon leur ordre d'arrivée.

### 3.4.3.2 Analyse des délais

L'objectif principal est de traiter tous les patients à l'intérieur des délais prescrits par le gouvernement, soit un maximum de trois jours pour les patients palliatifs, quatorze jours pour les patients curatifs de type 3 et 28 jours pour les patients curatifs de type 4. La Figure 3-1 indique la proportion cumulative de patients traités en fonction du délai entre la consultation et le premier traitement.

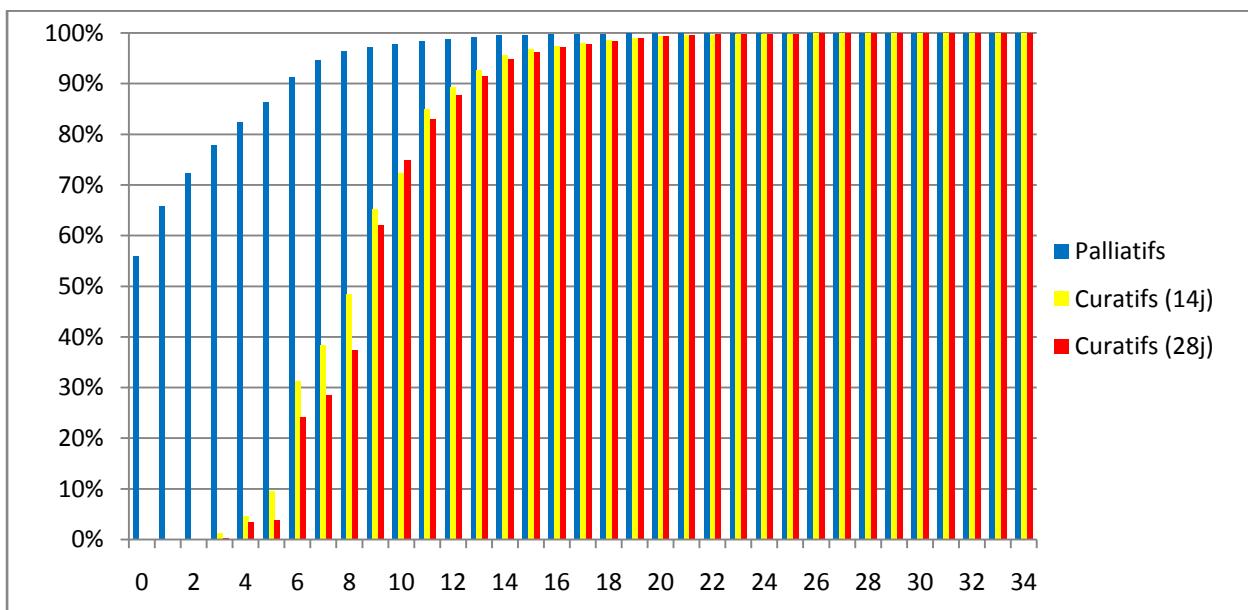


Figure 3-1. Proportion cumulative de patients en fonction du délai

Tel qu'observé dans le tableau 3-1, environ 30 % des patients palliatifs ne sont pas traités à l'intérieur du délai prescrit par le gouvernement. Dans le cas des patients curatifs, environ 12 % des patients de catégorie 3 et environ 14 % des patients de catégorie 4 reçoivent leur premier traitement en moins de 14 jours après leur consultation.

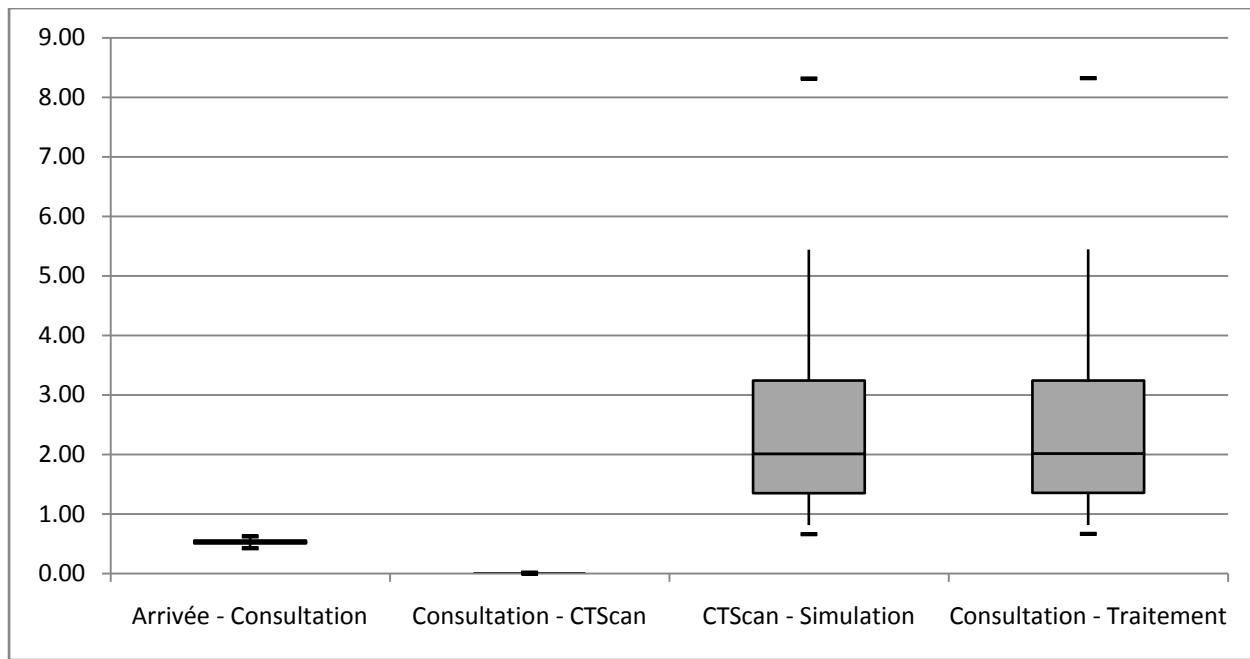


Figure 3-2. Délai entre les rendez-vous des patients palliatifs

Les diagrammes de la Figure 3-2 représentent la moyenne des délais d'une réPLICATION. Les extrémités des boîtes correspondent aux premiers et troisièmes quartiles, les extrémités des lignes correspondent au 5e et 95e centile et finalement les points extrêmes sont représentés par les traits. On peut remarquer qu'en moyenne, tous les patients obtiennent leur rendez-vous pour la consultation à l'intérieur du délai de 3 jours. Ceci indique donc que bien que certaines consultations soient en retard en raison du jour d'arrivée d'un patient, cette échéance n'est pas trop problématique. On peut également remarquer qu'il n'y a presque pas d'attente entre le jour de consultation et le CT-Scan, possiblement en raison du deuxième appareil accessible pour les patients palliatifs. Il semblerait donc possible de préparer un patient en une seule journée. La problématique majeure arrive plutôt au niveau du délai entre le CT-Scan et la simulation. Notons que pour les patients palliatifs, l'étape de dosimétrie est assez courte et ne représente pas de goulot d'étranglement dans le processus, donc l'accessibilité aux plages de traitement serait un problème. En effet, on remarque que pour le troisième quartile des réPLICATIONS, le délai entre la consultation et le premier traitement est en moyenne supérieur à la norme de trois jours. Quelques solutions pourraient être envisagées, par exemple la réservation de plages horaires pour des patients palliatifs.

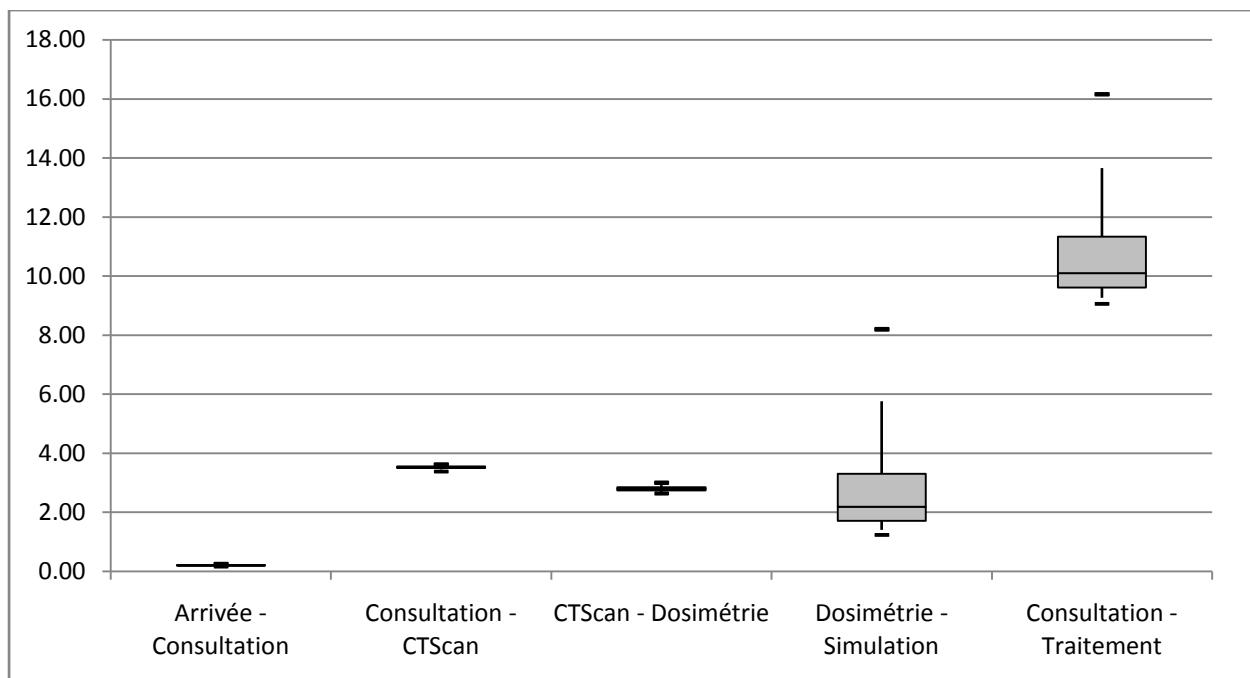


Figure 3-3. Délai entre les rendez-vous des patients curatifs 14

Il est intéressant de voir ici que le délai avant la consultation est presque nul en moyenne. En effet, il y a plusieurs plages de disponibilité pour les nouveaux patients curatifs et une demande peut être traitée dès son arrivée. Ensuite, on remarque que le délai entre la consultation et le jour du CT-Scan est assez grand en moyenne, s'approchant de quatre jours. Puisque les appareils ne sont presque jamais utilisés à pleine capacité (environ 40,2 % d'utilisation), l'attente vient de l'organisation des activités des médecins. En effet, un patient curatif doit attendre que son médecin ait une activité de planification pour recevoir son CT-Scan. Une réorganisation des activités du médecin pourrait donc réduire ce délai. Le délai avant le début de la dosimétrie ne semble pas indiquer qu'il y ait une problématique majeure à cette étape. C'est la planification sur les accélérateurs linéaires qui est la source de délai principale pour les patients. En effet, la planification de 30 rendez-vous sur des jours consécutifs peut être problématique surtout lorsqu'il y a une forte demande pour une période. Cette variabilité fait en sorte qu'environ 5% des réplications ont une moyenne supérieure aux normes gouvernementales pour les délais avant le premier traitement des patients curatifs 14 jours.

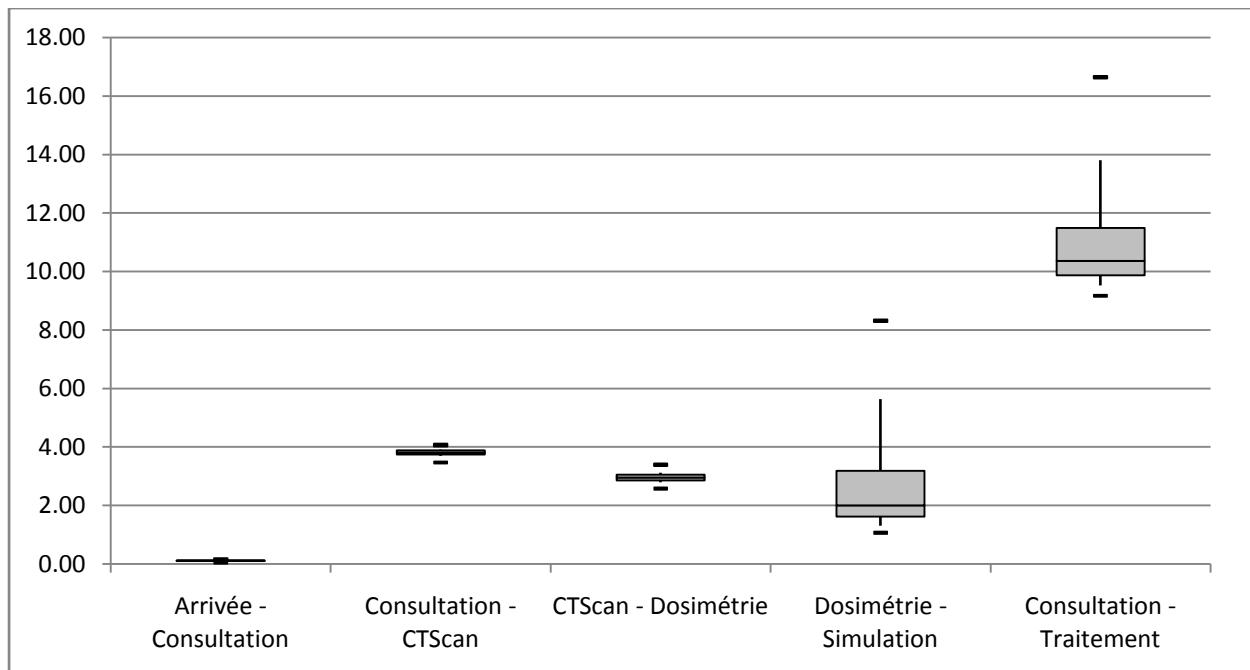


Figure 3-4. Délai entre les rendez-vous des patients curatifs 28

Comme le centre traite tous les patients curatifs avec la même priorité, les délais observés sont très similaires à ceux des patients curatifs 14.

### 3.4.3.3 Taux d'occupation des accélérateurs linéaires

Il semble que les délais d'attente avant la simulation pour tous les patients sont loin d'être nuls ce qui indique que les accélérateurs linéaires devraient fonctionner à plein régime tout le temps. Or en consultant la Figure 3-5, on constate qu'après la période de réchauffement des simulations (environ 8 semaines), les accélérateurs linéaires ne sont jamais occupés à plus de 95 %. Ici, les rendez-vous sur les machines sont attribués en cherchant la première plage disponible permettant de traiter un patient sur la même machine pour tous ces traitements lors de journées consécutives. Les résultats obtenus prouvent que cette méthode n'est probablement pas la plus efficace puisqu'il semble impossible de remplir toutes les plages d'une semaine. Ainsi, il serait intéressant d'étudier le problème d'optimisation qui chercherait à remplir toutes les plages disponibles pour un traitement tout en respectant les délais gouvernementaux.

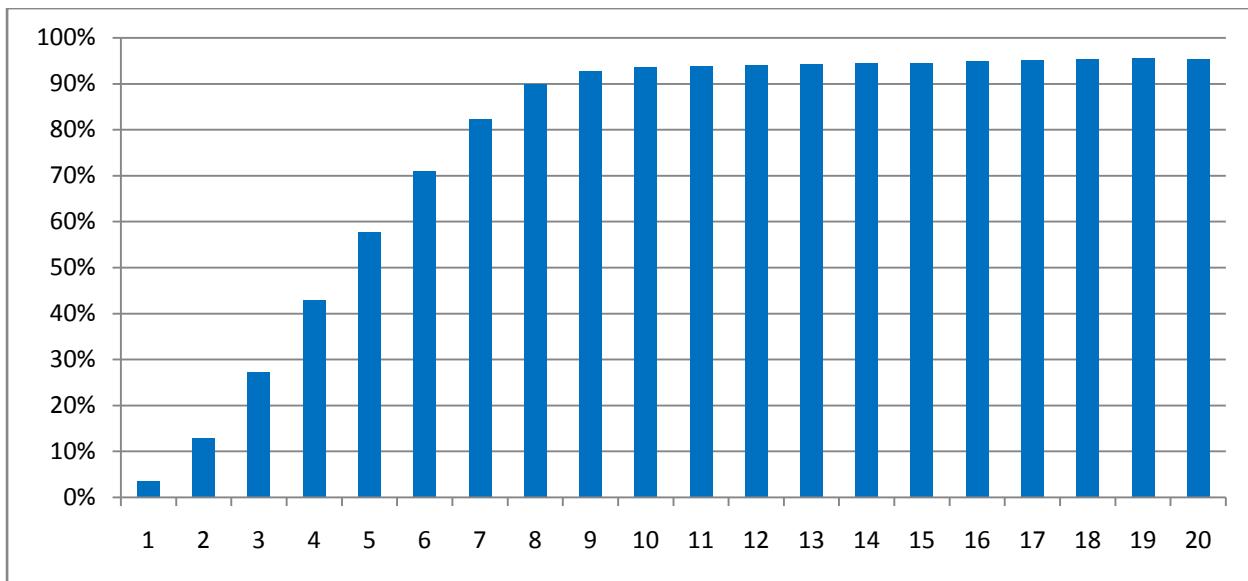


Figure 3-5. Taux d'occupation des accélérateurs linéaires en fonction de la semaine

### 3.5 Analyse de scénarios

Quelques observations ont été faites en analysant les résultats de la simulation du processus actuel de traitement. Tout d'abord, nous avons constaté qu'il y avait une légère problématique au niveau du délai avant la consultation des patients palliatifs. Ensuite, la quantité de patients palliatifs traités à l'intérieur des normes gouvernementales est inquiétante. Finalement, l'absence de priorité pour les patients curatifs 14 (en comparaison aux patients curatifs 28) crée une problématique puisque certains de ces patients reçoivent leur traitement au-delà des 14 jours souhaités. Après avoir fait plusieurs tests, voici des scénarios qui permettraient d'améliorer le processus actuel et qui pourraient être appliqués rapidement.

#### 3.5.1 Changement aux quotas de patients palliatifs

Le premier changement effectué au système fût de modifier les quotas de patients palliatifs pouvant être traités chaque jour. En effet, dans le scénario initial, en moyenne 22.3 patients palliatifs reçoivent leur consultation après plus de trois jours d'attente ce qui est au-delà des normes gouvernementales. De plus, pour 99.82 % de ces patients, la demande de consultation arrive un vendredi et pour le reste, elle arrive un jeudi. Bien sûr, la fin de semaine vient jouer un rôle important puisque deux jours sont systématiquement perdus pour ces patients. Ainsi, quelqu'un pour qui la demande de consultation arriverait un jeudi devrait pouvoir être consulté la

journée même ou bien le vendredi et un patient pour lequel la demande de consultation arriverait un vendredi doit recevoir sa consultation le jour même ou bien le lundi suivant. Cependant, selon les quotas de patients palliatifs actuels, seulement un patient palliatif peut recevoir sa consultation un lundi et ceci s'applique également pour un vendredi. Autrement dit, si trois demandes de consultations pour un patient palliatif arrivent un vendredi, au moins l'un d'entre eux sera en retard. Pour rééquilibrer le tout, voici les nouveaux quotas qui seront étudiés.

Tableau 3-3. Quotas par période

		Ancien Quota	Taux d'occupation	Nouveau Quota
<b>Lundi</b>	<b>AM</b>	0	N/A	2
	<b>PM</b>	1	83.37%	2
<b>Mardi</b>	<b>AM</b>	6	40.11%	3
	<b>PM</b>	2	1.60%	2
<b>Mercredi</b>	<b>AM</b>	0	N/A	1
	<b>PM</b>	1	73.97%	1
<b>Jeudi</b>	<b>AM</b>	4	46.51%	3
	<b>PM</b>	3	2.81%	1
<b>Vendredi</b>	<b>AM</b>	1	73.54%	2
	<b>PM</b>	0	N/A	1

### 3.5.1.1 Nombre de patients traités

Le nombre total de patients traités dans la période de deux ans diminue de 0.5% à 2546,1. En revanche, les changements apportés font considérablement diminuer la quantité de patients palliatifs qui reçoivent leur consultation en plus de trois jours. En effet, le pourcentage moyen de consultations en retard passe de 3,27 % à 0,01 % et toutes les demandes de consultation de ces patients sont arrivées un jeudi.

### 3.5.1.2 Analyse des délais

En effectuant ce changement, le patient recevra son traitement plus tôt que dans le scénario actuel (2,61 jours au lieu de 3,05 dans le scénario initial). En observant la Figure 3-6, nous pouvons constater que ce petit changement permet une réduction du délai entre la demande de consultation et le jour du premier traitement. Cependant, bien que le nombre de consultations en retard soit

presque nul et que le temps moyen avant la consultation passe de 0,53 jour à 0,07 jour, ceci ne crée presque aucun changement au niveau du temps avant le premier traitement, en passant d'une moyenne de 2,53 jours à 2,54 jours. En effet, le délai de traitement est calculé à partir du jour de consultation. Afin de réduire ce délai, deux changements peuvent être envisagés. Le premier étant de résoudre un modèle d'optimisation et le deuxième serait de changer la politique d'attribution des rendez-vous pour les patients palliatifs. Le système chercherait initialement à trouver une plage de traitement pour un patient palliatif et ensuite lui donner les rendez-vous antérieurs sachant que les patients palliatifs ne subissent presque pas d'attente lors de la préparation du traitement.

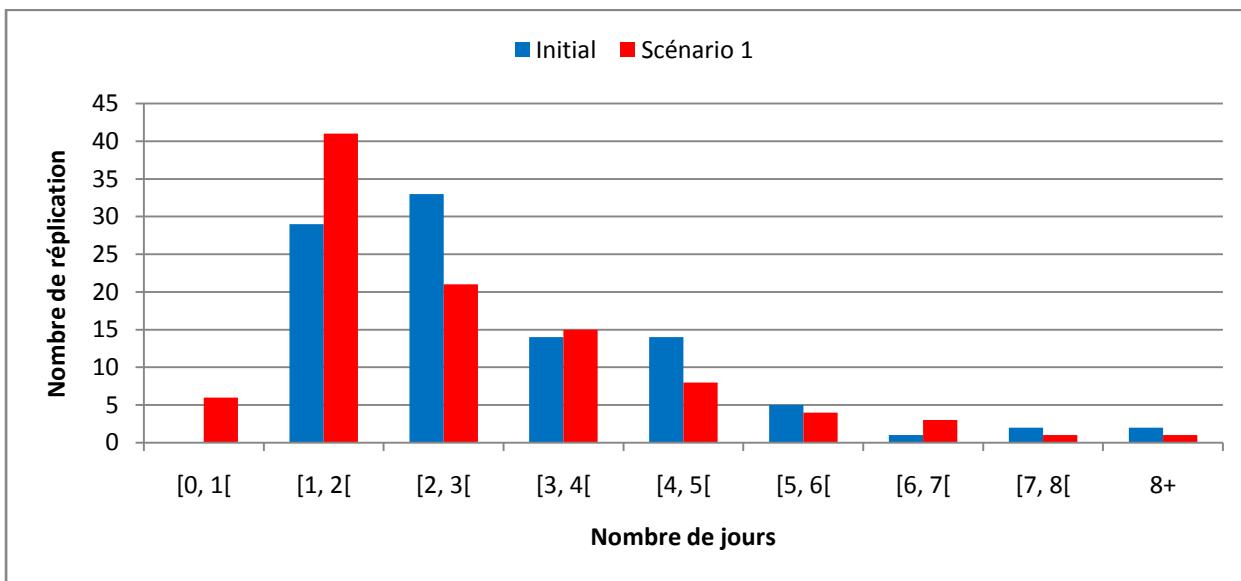


Figure 3-6. Délai moyen entre l'arrivée d'un patient palliatif et son premier traitement par réPLICATION

### 3.5.2 Changement à l'horaire des médecins

Nous avions également constaté une problématique au niveau du délai entre la consultation et le jour du CT-Scan pour les patients curatifs. Puisque le nombre de plages sur les appareils de tomodensitométrie ne semblait pas causer ce délai, l'horaire des médecins semblait être la principale source de cette attente. En effet, dans l'horaire initial, les médecins n'ont que deux plages de planification par semaine et celles-ci sont consécutives. Ainsi, un patient qui arriverait au lendemain d'une telle journée ne recevra son CT-Scan que la semaine suivante. Le **Erreur !**

**Source du renvoi introuvable.** présente l'horaire actuel des médecins de l'unité. Les activités

possibles sont la consultation de nouveaux patients (C), la relance de patients en cours de processus (R), la planification (P), la dosimétrie (D), l'implication au centre (I) et les tâches administratives (A).

Tableau 3-4. Horaire d'activité initial pour les médecins

	Lundi		Mardi		Mercredi		Jeudi		Vendredi	
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM
<b>MD A</b>	C	C	P	P	C	D	C	I	R	D
<b>MD B</b>	D	C	P	P	D	C	R	C	D	I
<b>MD C</b>	R	D	C	C	P	P	C	D	I	C
<b>MD D</b>	I	C	C	D	R	C	P	P	C	D
<b>MD E</b>	C	D	R	C	I	D	C	C	P	P
<b>MD F</b>	D	I	C	C	D	R	P	P	D	C
<b>MD G</b>	P	P	D	I	A	A	D	C	C	R

Nous avons ensuite étudié l'impact de changements à l'organisation des activités des médecins. Le nouvel horaire est similaire pour tous les médecins sauf celui administrateur (deux périodes de consultations seront remplacées par des tâches administratives). Les activités s'enchaînent de sorte que toutes les consultations pour les patients curatifs arrivent la journée avant les activités de planification des médecins. Ensuite, deux journées sont consacrées aux consultations de patients palliatifs en matinée et d'activité de dosimétrie en après-midi. Finalement, la dernière journée de la semaine contient les activités d'implication et de relance du médecin. On retrouve donc des séquences d'activités de consultation, planification et dosimétrie qui permettraient aux patients curatifs d'être préparés dans la même semaine.

Afin de respecter approximativement les quotas pour chaque médecin, tous peuvent voir un total de cinq patients curatifs et trois palliatifs par semaine sauf le médecin administrateur. Ayant deux périodes de consultations en moins, il ne verra que trois patients curatifs et deux palliatifs par semaine. Le nouvel horaire est présenté au Tableau 3-5.

Tableau 3-5. Horaire d'activité modifié pour les médecins

	Lundi		Mardi		Mercredi		Jeudi		Vendredi	
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM
<b>MD A</b>	C	C	P	P	C	D	C	D	I	R
<b>MD B</b>	C	C	P	C	R	D	P	C	I	D
<b>MD C</b>	I	R	C	C	P	P	C	D	C	D
<b>MD D</b>	C	D	I	R	C	C	P	P	C	D
<b>MD E</b>	C	D	C	D	I	R	C	C	P	P
<b>MD F</b>	P	P	C	D	C	D	I	R	C	C
<b>MD G</b>	R	I	C	P	A	A	D	P	C	D

Ici, bien que la plupart des médecins aient une journée allouée à la planification des dossiers (étape pendant laquelle le patient curatif peut recevoir un CT-Scan), nous avons modifié les quotas d'entrée pour que les activités de consultation suivant directement cette journée soient réservées aux patients palliatifs. Ainsi, le médecin A recevra toutes ses nouvelles consultations curatives le lundi, pourra effectuer les CT-Scans le mardi et faire la dosimétrie le mercredi ou le jeudi ce qui devrait permettre une réduction des temps de préparation.

### 3.5.2.1 Quantité de patients traités

Dans ce scénario, qui combine les deux changements, 2533 patients ont été traités en moyenne (environ 99% par rapport au scénario initial). Le Tableau 3-6 contient le nombre moyen de patients traités par catégorie ainsi que la quantité dépassant les limites gouvernementales. Ces moyennes sont sur l'ensemble des simulations.

Ce changement apporte une amélioration pour l'étape de la consultation et pour le traitement des patients curatifs. Cependant, la proportion de patients palliatifs traités en retard augmente légèrement par rapport au scénario initial. Des méthodes devront ainsi être développées afin d'augmenter la proportion de ces patients qui reçoivent un traitement en moins de trois jours.

Tableau 3-6. Patients traités et proportion de retard pour le scénario 2

Catégorie	Patients traités	Patients consultés en retard		Patients traités en retard	
		Nombre	%	Nombre	%
Palliatifs	652.5	0	0.00	207.3	31.77
Curatifs (14j)	1496.1	0	0.00	80.3	5.37
Curatifs (28j)	384.2	0	0.00	0.0	0.00

### 3.5.2.2 Analyse des délais

L'objectif de ce changement était de réduire le délai entre la consultation et le CT-Scan pour les patients curatifs. En appliquant la modification à l'horaire, les délais entre ces étapes passe en moyenne de 3,52 jours à 1,22 jour pour les curatifs 14 et de 3,81 à 1,38 pour les curatifs 28, une nette amélioration dans chacun des cas. Malgré cela, l'objectif principal reste de traiter tous les patients à l'intérieur des délais prescrits par le gouvernement, soit un maximum de trois jours pour les patients palliatifs, quatorze jours pour les patients curatifs de type 3 et 28 jours pour les patients curatifs de type 4.

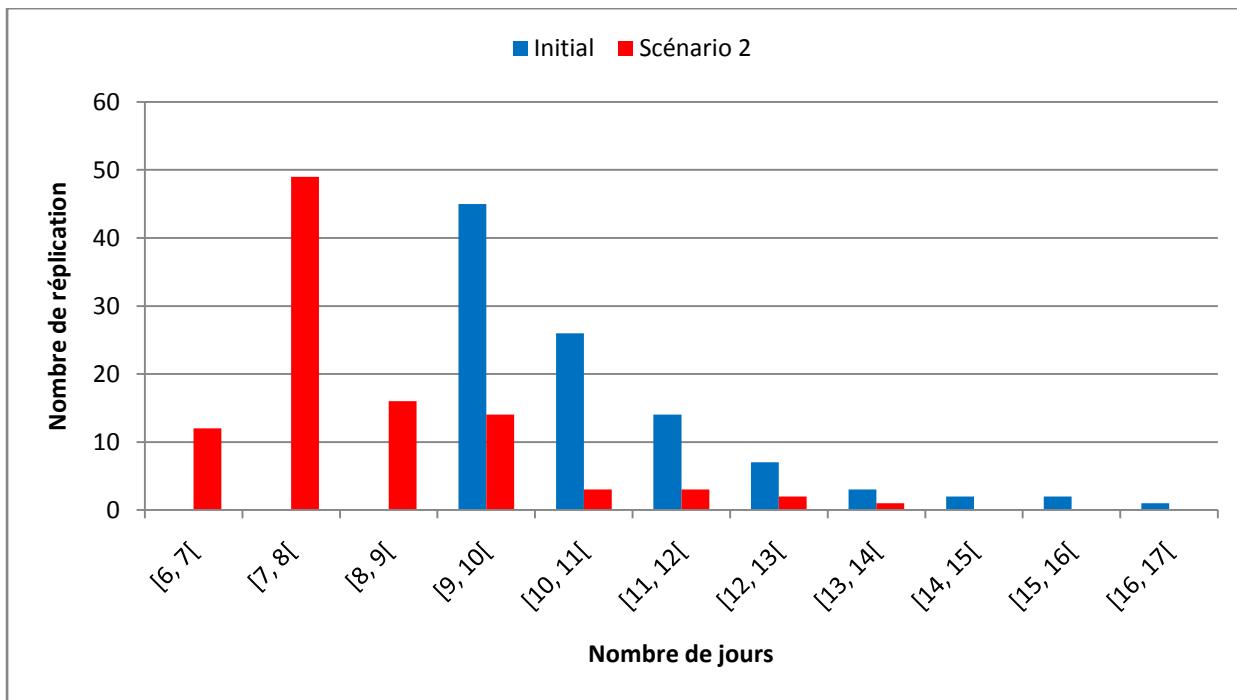


Figure 3-7. Délai entre la consultation et le premier traitement pour les patients curatifs 14

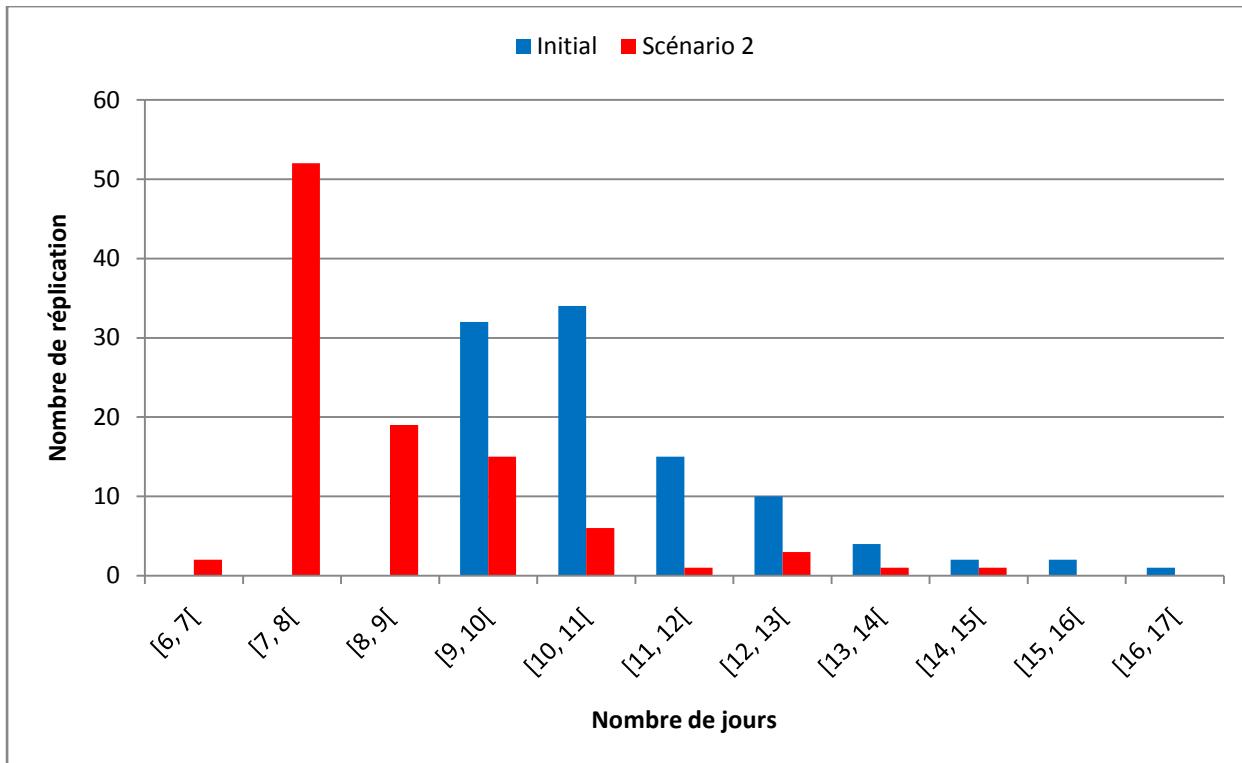


Figure 3-8. Délai entre la consultation et le premier traitement pour les patients curatifs 28

Les Figure 3-7 et Figure 3-8 nous permettent de dire que ce changement réduit l'attente entre la consultation et le premier traitement pour les patients curatifs. Bien que l'attente moyenne avant la consultation soit légèrement augmentée (0,21 à 1,28 jour pour les curatifs 14 et 0,11 à 0,81 jour pour les curatifs 28), l'augmentation d'efficacité dans la préparation des patients fait en sorte que les patients curatifs reçoivent leur traitement plus rapidement en moyenne que dans le scénario initial. En effet, on passe en moyenne de 10,84 à 9,47 jours pour les patients curatifs 14 et de 11,02 à 9,28 pour les patients curatifs 28. Ces réductions d'un peu plus d'un jour sont importantes pour des patients qui luttent pour leur rémission. Évidemment, notons que les patients curatifs 28 pourraient recevoir leur traitement plus tard que les patients curatifs 14. Ceci pourrait être fait en instaurant un délai supplémentaire entre la consultation et le CT-Scan des patients curatifs 28.

### 3.5.3 Réservation de plages pour les patients palliatifs

Nous avons vu que la problématique majeure était le délai de traitement pour les patients palliatifs. En effet, plus de 30% des patients ne reçoivent pas leur traitement à l'intérieur des délais prescrits par la norme gouvernementale. Bien que le processus de préparation comprenne plusieurs étapes, la problématique principale vient de l'attribution des plages sur les accélérateurs linéaires. Une façon d'augmenter l'accessibilité aux patients palliatifs serait de réserver un certain nombre de plages par jour pour ces patients. Ceci aura probablement pour effet de retarder légèrement le début du traitement pour les patients curatifs, lesquels pourraient être retardés selon les normes gouvernementales. En effet, la grande majorité de ces patients respectent les délais de traitement établis par les instances de santé.

#### 3.5.3.1 Nombre de patients traités

Dans ce scénario, nous remarquons que la quantité de patients traités pendant la période est légèrement réduite à 2542.7, mais le nombre de patients palliatifs traité est supérieur au scénario initial.

Tableau 3-7. Patients traités et proportion de retard pour le scénario 3

<b>Catégorie</b>	<b>Patients traités</b>	<b>Patients consultés en retard</b>		<b>Patients traités en retard</b>	
		<b>Nombre</b>	<b>%</b>	<b>Nombre</b>	<b>%</b>
<b>Palliatifs</b>	685.4	0	0.00	161.1	23.50
<b>Curatifs (14j)</b>	1482.1	0	0.00	81.1	5.47
<b>Curatifs (28j)</b>	375.2	0	0.00	0.0	0.00

Nous remarquons au Tableau 3-7 que la proportion de patients palliatifs traités hors des délais prescrits est réduite par la réservation de 5 plages de traitement sur une base quotidienne sans trop augmenter la proportion de patients curatifs ne respectant pas les délais. Ceci ne permet toutefois pas de traiter l'ensemble des patients palliatifs dans les délais et entraîne également une diminution de l'utilisation des accélérateurs linéaires. En effet, contrairement au taux d'environ 95 % dans les scénarios précédents, l'utilisation des accélérateurs linéaires chute à environ 93 %. La réservation d'un plus grand nombre de plages pour les palliatifs entraînerait un retard plus important pour les patients curatifs en plus d'une diminution des taux d'utilisation des accélérateurs linéaires.

### 3.5.4 Comparaison des scénarios

Tableau 3-8. Résumé des scénarios

		Initial	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
<b>Nombre de patients traités</b>	P	<b>682.3</b>	668.7	652.5	659.3
	C14	1494.2	1494.0	<b>1496.1</b>	1482.1
	C28	383.0	383.4	<b>384.2</b>	380.4
<b>Pourcentage de retard (traitement)</b>	P	30.21	30.43	31.77	<b>24.44</b>
	C14	12.39	12.52	<b>5.37</b>	5.47
	C28	0.08	0.07	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Délai entre la consultation et le 1<sup>er</sup> traitement</b>	P	2.52	2.54	2.63	<b>2.42</b>
	C14	10.64	10.73	<b>8.19</b>	9.54
	C28	10.91	10.36	<b>8.47</b>	9.89
<b>Délai entre la demande de consultation et le 1<sup>er</sup> traitement</b>	P	3.05	2.61	2.69	<b>2.42</b>
	C14	10.84	10.89	<b>9.47</b>	9.75
	C28	11.02	10.49	<b>9.28</b>	9.99
<b>Utilisation des accélérateurs linéaires</b>		<b>95 %</b>	<b>95 %</b>	<b>95 %</b>	93 %

En analysant les résultats du Tableau 3-8, nous constatons que de petits changements à la méthode de planification des rendez-vous permettent des améliorations aux délais de traitement pour l'ensemble des patients. Évidemment, sans utiliser de modèle d'optimisation pour le choix des plages de traitement, une amélioration dans la proportion des patients palliatifs respectant les délais implique une augmentation des délais de traitement pour les patients curatifs. Ainsi, il est aux gestionnaires du centre d'évaluer les gains potentiels de la réservation des plages pour les patients palliatifs. Bien que le scénario 3 semble procurer de bons résultats généraux, il est inquiétant de voir que l'utilisation des accélérateurs linéaires est réduite. Ainsi, il serait bénéfique d'opter pour un modèle d'optimisation qui permettrait de choisir la date de début de traitement idéale pour les patients.

## 3.6 Recommandations pour le CICL

### 3.6.1 Planification annuelle

Tout d'abord, l'utilisation du modèle de simulation nous a permis d'observer la quantité espérée de patients pouvant être traités sur une base annuelle. Selon le scénario actuel, environ 2559 patients seraient traités sur une période de deux ans, ce qui ne représente que 80.4 % des prévisions établies par le centre de traitement lors de l'ouverture. Ceci est expliqué par la variabilité du nombre de traitements et de l'utilisation des accélérateurs qui n'atteint jamais plus de 95 %. Afin de réduire le nombre de plages de traitement non utilisé et d'obtenir de meilleures proportions pour le traitement des patients palliatifs, un modèle d'optimisation serait bénéfique. Les modèles développés dans les dernières années permettent de réduire de façon considérable la proportion de patients palliatifs qui excèdent les délais. Par contre, ceci entraîne une augmentation du délai entre l'arrivée d'une demande de consultation pour un patient curatif et son traitement, augmentation tolérable puisque les patients respectent quand même les normes gouvernementales.

### 3.6.2 Patients palliatifs

Ensuite, quelques changements pourraient être appliqués afin d'améliorer l'efficacité du centre de traitement. Tout d'abord, il serait important de revoir les quotas d'entrée de patients palliatifs pour chacun des jours. Il est possible de voir un nombre similaire de nouveaux patients, mais de les répartir uniformément au cours de la semaine. Ceci permettrait une plus grande flexibilité pour trouver une plage de consultation des patients palliatifs qui arrivent le vendredi. Nous avons également montré à l'aide du simulateur que la réduction des délais avant la consultation entraîne également une réduction du temps total avant le traitement. En effet, les temps entre la consultation et le premier traitement sont similaires dans les deux scénarios donc il est préférable d'accueillir les patients palliatifs le plus tôt possible. Ainsi, les quotas de patients palliatifs devraient être abolis pour accélérer leur traitement.

De plus, la réservation d'une quantité de plages pour les patients palliatifs semble être une option qui pourrait être utilisée par le centre de traitement. Cependant, ceci entraîne directement l'augmentation du délai avant le traitement pour les patients curatifs. Bien que ceux-ci soient

toujours traités à l'intérieur des délais établis, il serait intéressant d'étudier l'effet d'un tel « retard » sur l'efficacité du traitement de radiothérapie.

### **3.6.3 Patients curatifs**

Les patients curatifs eux entrent dans le système dès qu'un médecin est disponible pour la consultation initiale. Avec les changements apportés à l'horaire des médecins, il serait possible d'attribuer un rendez-vous pour le CT-Scan dans les deux jours suivant la consultation. L'attente est un peu plus longue pour la dosimétrie puisqu'un patient peut attendre plus de 5 jours pour que son dossier soit complété. Ainsi, il pourrait être intéressant de retarder le début de la préparation pour ces patients afin de rapprocher le plus possible le jour où l'image de la tumeur est prise et le jour du premier traitement du patient. Ceci pourrait être effectué à l'aide du simulateur. En effet, après avoir trouvé la date optimale pour le traitement, on pourrait utiliser le simulateur afin de tester différentes dates d'entrée dans le système pour ce patient. Le but serait de trouver la date de consultation la plus tardive qui permette au personnel de préparer le patient dans les délais établis.

### **3.6.4 Pistes de recherche future**

Le modèle de simulation pourrait très bien utilisé pour combiner les problématiques associées au prétraitement des patients et celles de l'organisation de rendez-vous de traitement, chose qui n'a toujours pas été étudiée par les chercheurs de ce domaine. On pourrait également l'utiliser afin d'étudier la possibilité de traiter tous les patients palliatifs en une seule journée. Ceci s'apparenterait aux techniques d'accès ouvert utilisés pour les rendez-vous de première ligne. Ces patients se retrouveraient donc dans la catégorie des rendez-vous multiples en une journée.

Finalement, lorsque la problématique reliée aux accélérateurs linéaires sera réglée, il sera intéressant d'analyser ce qui se passe à l'étape de dosimétrie plus en détail. Puisque cette étape ne requiert pas la présence du patient au centre, la gestion des dossiers pourrait être optimisée ce qui permettrait d'accélérer le prétraitement de certains patients. Un modèle d'optimisation avec date butoir (*due date*) permettrait possiblement d'augmenter le nombre de dossiers prêt quotidiennement. Ceci aurait pour impact de réduire l'attente observée avant cette étape.

## **CHAPITRE 4    FLUX DE PATIENTS EN CLINIQUE EXTERNE D'OBSTÉRIQUE**

Les temps d'attente à l'urgence sont utilisés depuis plusieurs années comme indicateur de performance d'un hôpital. Cependant, aucune mesure ne semble être prise dans les cliniques externes, cliniques où la majorité des patients ont un rendez-vous. Or, nous entendons souvent un proche se plaindre d'avoir attendu beaucoup trop longtemps pour son rendez-vous avec le médecin. Puisqu'il n'y a pas d'étude faisant référence aux temps d'attente directs en clinique, il est difficile de savoir s'il est possible d'améliorer le sort des patients.

Bien que trop peu souvent étudiées, ces cliniques sont souvent très complexes à gérer; les patients ont souvent plusieurs visites à faire : accueil, infirmière, résident et médecin traitant (patron) ce qui crée une attente puisque chacun de ces rendez-vous n'a pas la même durée. La clinique fonctionne sur un horaire approuvé par le patron qui veut dans la mesure du possible enchaîner les patients sans avoir à attendre un patient qui serait en retard ou un patient absent. Ainsi, on voit encore des cliniques qui fixent tous les rendez-vous en début de journée et qui ne se soucient pas du temps d'attente direct encouru par le patient.

En utilisant le cas de l'unité de gynécologie et d'obstétrique du CHUSJ, nous avons proposé des façons de réduire cette attente sans engendrer une hausse des temps d'inactivité du personnel.

### **4.1 La clinique au CHUSJ**

Une opportunité nous a été offerte pour faire l'analyse des flux de patients dans une clinique externe de gynécologie et d'obstétrique. Ce type de clinique représente très bien l'ensemble des difficultés auxquelles les gestionnaires de clinique avec rendez-vous font face. Tout d'abord, les patientes qui demandent une consultation ont un horizon limité pour recevoir leur rendez-vous. En effet, une femme enceinte devrait recevoir sa première consultation entre les semaines 10 et 12 de sa grossesse. Ensuite, elle devra être suivie tous les mois pendant 7 mois, aux deux semaines pour le mois suivant et à chaque semaine par la suite. Ainsi, trouver une plage horaire pour une nouvelle consultation (et l'ensemble des autres rendez-vous) n'est pas toujours facile. De plus, lors d'une journée de rendez-vous, les patientes doivent souvent consulter plus d'un médecin en plus de toutes les ressources associées. L'attente peut donc être très longue lorsque

l'un de ceux-ci prend du retard. Ces rendez-vous pourraient être placés dans la catégorie multi-activité en une journée, classe de rendez-vous très peu étudié auparavant.

L'unité de gynécologie et obstétrique du CHUSJ est très achalandée. Plus de 20 médecins y travaillent en rotation du lundi au vendredi. En plus des médecins, infirmières, technologues et résidents ont à rencontrer les patients. Cet établissement universitaire est la référence de la province pour tous les cas pédiatriques très complexes ainsi que pour les grosses à risques élevés (GARE). Ainsi, ils reçoivent plusieurs demandes de consultation de GARE qu'ils sont obligés d'accepter et de voir dans les délais requis (souvent avant la dixième semaine de grossesse) en plus de consultations d'obstétrique régulières. Les médecins ont différentes cliniques pendant la semaine donc ils ne peuvent pas voir toutes leurs patientes pendant la même clinique. En plus de l'obstétrique et de la GARE, l'unité regroupe la clinique de médecine interne en gynécologie et obstétrique (MIGO), gynécologie, colposcopie, clarté nucale, cardiologie fœtale et d'échographie. Malgré la présence de cette dernière clinique, la majorité des patientes doivent passer leur échographie en radiologie ce qui crée également des répercussions dans l'unité. Bien que les rendez-vous soient synchronisés pour être durant la même journée, l'heure du rendez-vous n'est pas certaine en raison des urgences et de la gestion des horaires dans la première unité.

## **4.2 Problématique**

Les rendez-vous réguliers demandent la coordination d'infirmières, résidents, techniciens et spécialistes et certaines patientes doivent voir plusieurs spécialistes ou passer un examen d'imagerie ce qui rend la planification des rendez-vous très complexe. Le choix de la journée de consultation doit être fait en fonction de la disponibilité du médecin à court et long terme et doit respecter les délais pour une première visite. Ce processus devient compliqué lorsqu'il faut également planifier des rendez-vous de consultation et de suivi de grossesse normale et de plusieurs types de rendez-vous en gynécologie. De plus, les patientes doivent à l'occasion rencontrer plusieurs spécialistes dans une même journée. Ainsi, choisir l'heure de tous les rendez-vous est une tâche complexe.

Actuellement, un horaire type conçu pour chaque médecin est rempli par les agentes administratives lorsqu'un nouveau rendez-vous doit être fixé. Cet horaire est basé principalement sur les demandes des médecins. En GARE, un horaire général a été développé dans lequel certaines plages sont réservées pour différents types de patients. Bien que cet horaire semble

améliorer la condition des patients, certains aspects sont plus difficiles à gérer, notamment les cas où une patiente doit voir deux médecins différents. Il n'y a pas d'indication sur la durée entre les rendez-vous ni la procédure à suivre pour ce type de patiente bien qu'un retard lors du premier rendez-vous aura des répercussions sur tous les rendez-vous subséquents.

L'attente des patientes est également très élevée. Dans certaines cliniques, l'attente directe moyenne est au-delà d'une heure, ce qui est très important étant donné que tous les rendez-vous sont connus d'avance. Nous voulons proposer des scénarios qui permettraient de réduire l'attente des patientes sans trop augmenter le temps d'inactivité des médecins, qui sont payés à l'acte donc qui veulent remplir le plus possible leurs journées.

## 4.3 Objectif

L'objectif principal était de faire des analyses de scénarios visant la réduction de l'attente directe des patientes de l'unité d'obstétrique du CHUSJ. Cet objectif entre en contradiction avec un autre aspect important qui est de maximiser l'utilisation des ressources, particulièrement des médecins de l'unité.

### 4.3.1 Objectifs spécifiques

- Modéliser le flux de patients quotidien dans la clinique d'obstétrique du CHUSJ
- Programmer des modules de simulation complémentaires permettant de lier plusieurs cliniques et avec lesquels on peut étudier différents scénarios
- Proposer des changements aux processus qui permettraient de réduire l'attente des patientes de l'unité sans augmenter l'inactivité des médecins

### 4.3.2 Originalité

Le défi dans ce contexte vient du nombre de cliniques et de la relation potentielle entre elles. En effet, habituellement, le problème de chaque clinique est étudié séparément et nous n'avons pas relevé d'effort de généralisation de problématique. Ici, les relations entre l'utilisation des salles ou la priorité accordée lors de l'admission d'un patient à l'accueil peuvent être évaluées. Le second objectif est d'analyser les flux de patients qui nécessitent une visite dans différentes cliniques. Dans ces cas, le patient consulte plusieurs ressources avec des temps de traitements

différents et doit être vu par deux médecins ayant chacun un horaire très chargé. Trois scénarios semblent possibles; les rendez-vous pourraient être lors de journées différentes, le premier rendez-vous pourrait être obligatoirement en début de clinique ou bien l'on pourrait traiter ce patient de façon prioritaire peu importe l'heure de son rendez-vous. Cet aspect de rendez-vous multiples dans une seule journée est à notre connaissance encore inexistant dans la littérature bien qu'il arrive couramment dans le milieu de la santé. Finalement, l'étude de la relation entre le résident et le patron est un aspect encore peu étudié. Santibanez et al. (2009) en parlent, mais les scénarios qu'ils analysent n'impliquent pas de changement dans leur relation.

## **4.4 Méthodologie**

Nous avons développé un modèle de simulation qui permet d'évaluer l'attente des patients et les temps d'inactivité des ressources. Ces mesures nous permettent de proposer des changements aux horaires de patients qui pourraient améliorer la satisfaction de ceux-ci face aux traitements reçus.

### **4.4.1 Développement du modèle de simulation**

#### **4.4.1.1 Cueillette de données**

La première phase du projet fut de recueillir les temps de traitements de patients ayant un ou plusieurs rendez-vous dans l'unité de gynécologie et obstétrique. Ceci a été réalisé en faisant circuler une feuille avec le dossier du patient. Sur cette feuille, tous les intervenants devaient inscrire les temps de début et de fin de la consultation avec le patient. Chaque intervenant avait sa propre section pour éviter les confusions. À l'aide de ces feuilles, il était possible d'établir les temps de traitements pour chaque type de ressource, les temps d'attente entre chacune des activités ainsi que l'ordre des rendez-vous qu'un patient a suivi. Cette façon de collecter les informations fut préférée à une période d'observation dans l'unité puisqu'avec cette dernière méthode, il aurait fallu choisir entre suivre un patient à la fois ou observer une étape du processus à la fois. La première méthode aurait entraîné une réduction de la quantité d'observations et la deuxième n'aurait ni permis d'observer la séquence d'événements d'un patient ni de calculer l'attente entre les étapes.

La collecte fut effectuée sur une période de deux semaines, soit celles du 2 au 6 juin ainsi que du 9 au 13 juin 2014. Idéalement, nous aurions aimé obtenir une plus grande quantité d'observations, mais cette durée était suffisante pour obtenir un bon aperçu du déroulement des

cliniques dans le cadre d'une première période d'observation. Au total, 1165 feuilles ont été remplies par le personnel et nous avons réussi à retracer 82.5 % de tous les rendez-vous qui étaient planifiés durant cette période pour les cliniques de grossesse à risque élevé (GARE), médecine interne en gynécologie et obstétrique (MIGO), obstétrique, gynécologie, clarté nucale (CAN), colposcopie, échographie, gynécologie maladie infectieuse (GAMI) et quelques autres.

#### 4.4.1.2 Traitement des données

Un outil a été programmé avec *Java* afin de regrouper et de traiter toute l'information contenue dans les feuilles d'observation. Plusieurs informations ont été analysées ; les temps de traitement pour chaque type de ressource séparés par type de clinique, les temps d'attente des patients selon les rendez-vous qui étaient planifiés, les parcours effectués par les patients lors de leur visite à l'hôpital. La petite quantité d'observations et le manque de précision sur certaines feuilles n'ont pas permis d'établir une moyenne par médecin ni par type de patient, ce qui pourrait être analysé lors d'une deuxième collecte de données si le projet est poursuivi. Cependant, nous avions assez d'information pour étudier les distributions par type de clinique et type de ressource. Le Tableau 4-1 regroupe les informations importantes par ressource pour les trois cliniques principalement étudiées ; GARE, MIGO et obstétrique.

Tableau 4-1. Temps de traitement en minutes pour les cliniques principales de l'unité

Clinique	Ressource	Nb. Obs.	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart-type
GARE	Infirmière	253	2	15	5.69	2.49
	Résident	76	3	60	15.99	11.16
	Patron	253	1	20	10.09	5.16
MIGO	Infirmière	154	3	50	11.95	7.15
	Résident	42	5	62	18.40	12.10
	Patron	141	1	74	15.56	10.93
Obstétrique	Infirmière	143	1	80	11.11	11.33
	Résident	62	3	75	14.48	12.75
	Patron	112	1	40	9.59	6.81

En regardant rapidement les résultats, nous constatons que le temps moyen passé avec le résident est toujours supérieur au temps passé avec le patron. Ainsi, il ne serait pas efficace de faire passer tous les patients avec le résident, car ceci créerait de l'attente pour le patron. Le temps maximum

passé avec chacune des ressources est également important. En effet, le fait de placer un patient qui passerait 74 minutes avec le patron de MIGO dans une plage horaire en début de journée créerait une attente importante pour tous les patients subséquents. En regardant la Figure 4-1, on remarque qu'environ 51 % des cas ont une durée inférieure à 10 minutes avec le patron. Ainsi, en fixant les rendez-vous toutes les 10 minutes (durée moyenne des traitements), nous finirions probablement par créer du retard pour les patients en fin de journée puisque près de la moitié des consultations sont plus longue que cette période. Il serait donc intéressant d'insérer des périodes sans rendez-vous qui permettraient d'absorber un retard dans la journée.

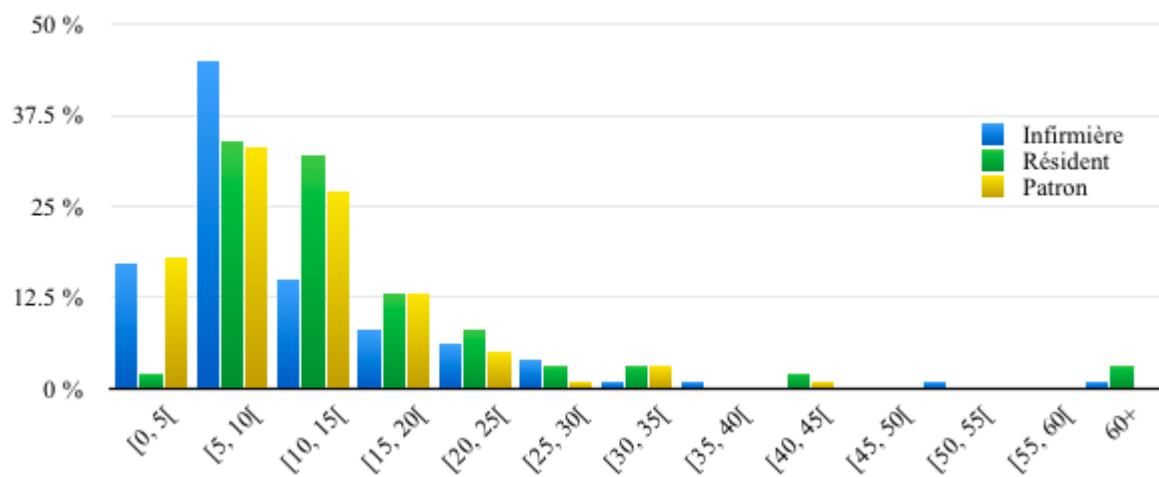


Figure 4-1. Distribution des temps de traitement en obstétrique

La cueillette de données nous a également permis de reconstituer le parcours d'un patient dans l'unité et de calculer les temps d'attente qu'il a subis, puisque la feuille devait suivre le patient tout au long de sa journée dans l'unité. Au total, 140 flux différents ont été observés. Évidemment, certains flux sont le résultat d'oubli par le personnel ou bien d'erreur dans l'inscription des temps. La façon de procéder pour recréer le parcours d'un patient était d'ordonner toutes les interventions en fonction de leur heure de début. Le Tableau 4-2 regroupe les flux récurrents pour les patients ayant eu un rendez-vous en GARE, MIGO ou en obstétrique. L'ordre des rendez-vous est respecté dans la façon de présenter les flux. Les rendez-vous sont séparés par le type de ressource (infirmière (I), résident (R) et patron (P)) et par la clinique visitée.

Tableau 4-2. Flux récurrents observés dans les cliniques de GARE, MIGO et obstétrique

Flux observé	Nombre de patients
GARE (I) - GARE (R) - GARE (P)	41
GARE (I) - GARE (P)	182
GARE (I) - GARE (R)	15
GARE (P)	11
GARE (I)	27
MIGO (I) - MIGO (R) - MIGO (P)	12
MIGO (I) - MIGO (P)	59
Obstétrique (I) - Obstétrique (R) - Obstétrique (P)	42
Obstétrique (I) - Obstétrique (P)	56
Obstétrique (I) - Obstétrique (R)	14
Obstétrique (I)	20
MIGO (I) - MIGO (P) - GARE (P)	16
MIGO (I) - MIGO (P) - GARE (R) - GARE (P)	5

On remarque que dans chacune des cliniques, le flux le plus commun est celui où le patient rencontre l'infirmière et le patron. Ceci semble logique puisque les patrons ne sont pas toujours accompagnés d'un résident et que lorsque celui-ci est présent, il ne voit pas tous les patients. On observe également certains cas où le patron est le seul intervenant de la journée. Ceci peut être expliqué par une journée où l'infirmière aurait terminé avant de pouvoir passer tous les patients fixés dans l'horaire. Dans certains cas, le patron n'est pas intervenu. Ces cas sont problématiques puisqu'il pourrait s'agir de rendez-vous lors duquel le patron n'avait pas à intervenir ou bien d'un cas où la feuille n'a pas été remplie au complet. Dans les simulations, nous avons considéré que tous les patients devaient être vus par le patron sauf si le rendez-vous était fixé au nom d'une infirmière d'obstétrique ou dans une clinique du résident.

Les patients ayant des rendez-vous multiples sont plus complexes. Deux flux récurrents ont été identifiés pour des patients ayant un rendez-vous en MIGO et en GARE, cependant nous avons calculé un total de 30 autres flux pour 40 patients supplémentaires ayant eu un rendez-vous dans ces deux cliniques. Ainsi, certains questionnements sont soulevés ; un patient devrait-il voir une infirmière lors du deuxième rendez-vous, devrait-il voir un résident lors du deuxième rendez-vous, est-ce que l'ordre des rendez-vous a une importance? Uniformiser le flux des patients pourrait permettre d'obtenir une meilleure efficacité dans le système et réduire la quantité

d'intervenants rencontrés réduirait l'attente des patients ayant des rendez-vous multiples. Ceci permettrait également de raccourcir la durée des cliniques.

L'attente directe des patients a également été analysée à partir des feuilles d'observation. Pour cela, nous avons considéré que l'attente débutait au plus tard entre l'heure d'arrivée et l'heure du rendez-vous du patient, autrement dit un patient en avance ne subit pas d'attente avant que l'heure de son rendez-vous ne soit arrivée et un patient en retard n'accumule pas d'attente avant d'être dans l'unité. Ensuite, l'attente est calculée entre la fin d'une intervention et le début de la suivante jusqu'à la dernière étape de la visite. Le tableau 3 regroupe les informations pertinentes pour l'attente des patients dans quelques cliniques de l'unité.

Tableau 4-3. Temps d'attente en minutes

Clinique	Nb. Obs.	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart-type
<b>GARE</b>	253	0	105	41.70	24.95
<b>MIGO</b>	87	0	120	42.47	27.34
<b>Obstétrique</b>	138	0	153	50.84	35.05
<b>CAN</b>	151	0	130	31.42	28.12
<b>GARE et MIGO</b>	52	13	192	85.75	43.70

On remarque que l'attente moyenne pour chacune de ces cliniques est supérieure à 30 minutes et que certains patients attendent deux heures et plus pour un seul rendez-vous. De plus, un patient ayant un rendez-vous en GARE et en MIGO attend en moyenne plus longtemps que s'il venait séparément pour les deux cliniques.

La Figure 4-2 représente la distribution des temps d'attente pour les cliniques principalement étudiées. On y a ajouté la clinique de CAN puisque plus de la moitié des patients de cette clinique attendent moins de 30 minutes. Ceci s'explique par l'étalement des rendez-vous qui sont fixés à chaque 30 minutes, temps requis pour compléter l'examen. En GARE, une proportion importante de patients attendent entre 30 et 40 minutes et la situation est catastrophique pour les patients devant consulter les médecins de GARE et MIGO. En effet, presque le quart des patients ayant ces rendez-vous multiples attendent plus de 2 heures. Ceci est dû en partie au choix des rendez-vous qui sont attribués indépendamment l'un de l'autre. L'objectif ultime serait d'augmenter la proportion de patients qui attendent moins de 30 minutes au total dans une journée. L'étalement des rendez-vous, comme on le voit pour la clinique de CAN, pourrait permettre une telle

distribution pour chaque clinique. Il sera également très important de trouver des façons de réduire l'attente des patients qui auront plus d'un rendez-vous dans la même journée.

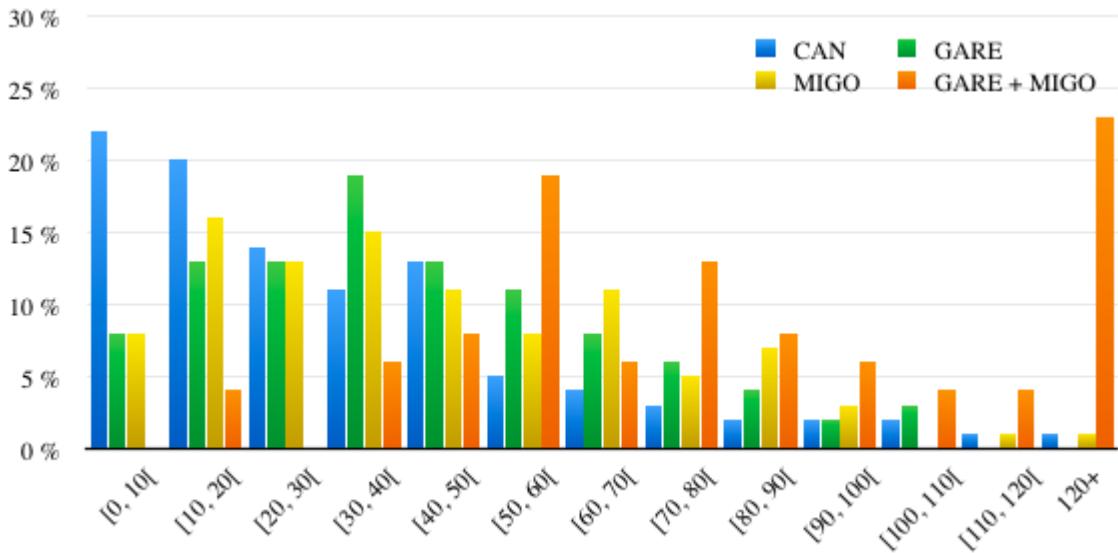


Figure 4-2. Temps d'attente en minute par type de clinique

#### 4.4.1.3 Modèle de simulation

Afin de pouvoir analyser plus en détail le flux des patients dans l'unité et de trouver des moyens de réduire leur attente sans avoir d'impact sur les cliniques actuelles, un modèle de simulation a été conçu. Celui-ci permet de calculer différents indicateurs de performance des cliniques et permet également de tester de nouveaux scénarios avant de les mettre en application. Contrairement à la majorité des modèles de simulation rencontrés dans la littérature en santé, notre modèle a été programmé avec le langage de programmation *Java*. Cette technique est beaucoup utilisée pour faire la modélisation de centre d'appels et bien qu'elle soit plus longue à implémenter, elle est plus rapide à exécuter, ne demande pas d'obtenir une licence et permettra éventuellement d'ajouter des modules d'optimisation ou des algorithmes de planification des rendez-vous.

Afin de lancer un scénario de simulation, certains paramètres doivent être entrés dans le modèle. Ainsi, l'horaire des ressources et les rendez-vous des patients doivent être connus. Ceci ne limite pas le modèle à un horaire préétabli. Il serait possible de créer un algorithme de planification des rendez-vous avant de lancer la simulation. Ensuite, nous devons indiquer la distribution des

temps de traitement pour toutes les ressources qui interviendront ainsi que le taux de présence aux rendez-vous.

Pendant la simulation, on considère que l'arrivée des patients est variable. Une variable aléatoire est donc ajoutée à l'heure du rendez-vous pour déterminer l'heure d'arrivée d'un patient. Cette variable aléatoire a été modélisée avec les observations faites sur les feuilles de temps, mais devra être réévaluée lors d'une deuxième collecte de données. Notons que les patients peuvent arriver en avance ou en retard par rapport à l'heure de leur rendez-vous. Pour les ressources, nous avons considéré qu'elles arrivaient toutes à l'heure établie. Bien que ceci ne soit pas toujours le cas et que le retard d'un patron est une cause directe de l'augmentation de l'attente des patients, il est plus adéquat de ne pas faire varier ce paramètre pour pouvoir mieux comparer l'impact de l'horaire sur les performances de la clinique. Le flux de patient a été modélisé de la façon suivante.

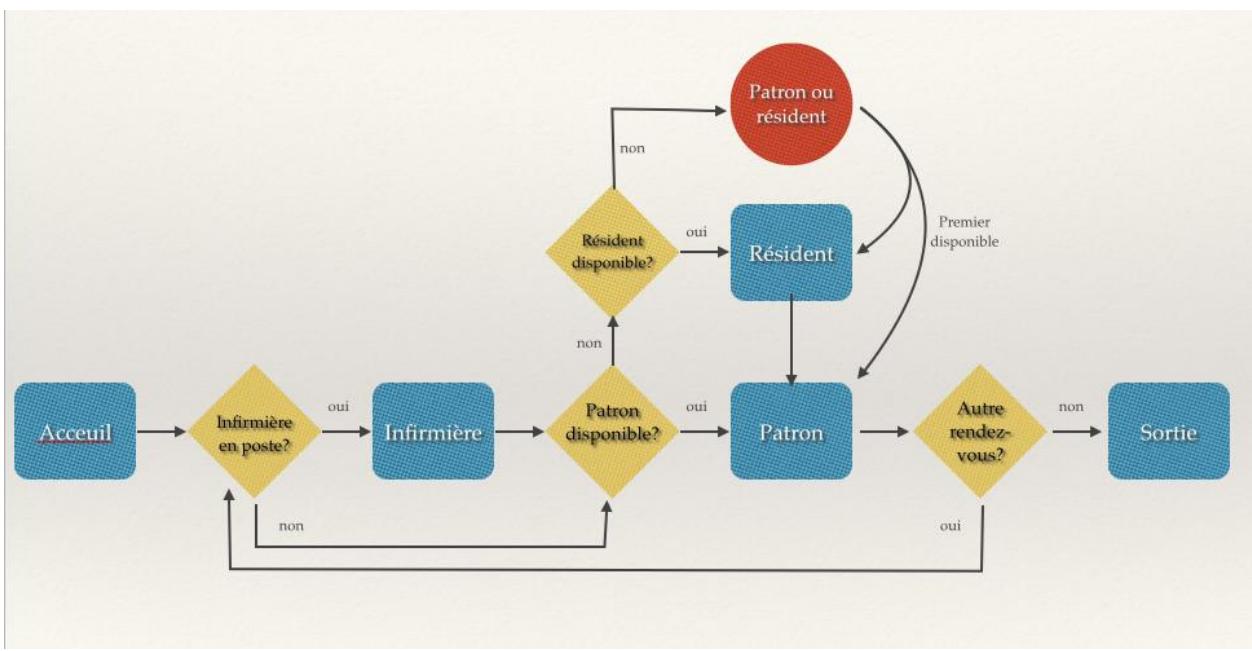


Figure 4-3. Flux de patients dans les cliniques de l'unité du CHUSJ

Ainsi, tous les patients passent par l'accueil, considéré ouvert jusqu'à ce que tous les patients soient arrivés, pour ensuite être vus par l'infirmière ou mis en attente si cette dernière est encore en poste, c'est-à-dire que son quart de travail n'est pas terminé. Par la suite, le patient ira voir la première ressource disponible entre le patron et le résident. Tous les patients doivent être vus par

le patron, mais pas obligatoirement par le résident avant de passer au rendez-vous suivant ou vers la sortie de l'unité.

Le simulateur permet de récolter une série d'indicateurs de performance de la clinique. On peut ainsi connaître la durée de la clinique, le temps d'utilisation des ressources (particulièrement des médecins), les temps moyens d'attente pour l'ensemble des patients d'une clinique, les temps d'attentes individuels, la distribution des temps où la file d'attente est à un certain niveau. Ces indicateurs permettraient de bien cerner les forces et faiblesses d'un horaire type. Par exemple, la durée de la clinique permet de savoir si trop de patients sont fixés à l'horaire, le temps d'utilisation (ou le pourcentage d'utilisation) permet de savoir si les rendez-vous sont trop distancés, les temps moyens d'attente permettent de voir si les intervalles de temps entre les arrivées sont trop courts et les temps d'attente individuels permettent de cerner les endroits dans la journée où les attentes sont trop importantes. Finalement, la distribution des temps associés au niveau de la file d'attente permet d'observer si le nombre de patients en attente est trop souvent élevé. Ceci pourrait causer des changements dans la façon de traiter les patients.

#### **4.4.2 Validation du simulateur**

Le modèle a été validé en répliquant 1000 fois les journées de travail basées sur l'horaire réel et en comparant les résultats avec les observations faites pendant les deux semaines. Cette méthode de fonctionnement fut préférée à la validation de l'ensemble des cliniques puisque nous avons noté une différence dans les temps de traitement des différents médecins. Ainsi, il sera important de recueillir des données supplémentaires pour chacun des médecins afin de pouvoir mieux prévoir l'ensemble des scénarios possibles. Voici deux exemples de cliniques ayant été validées. Les recommandations qui se trouvent dans la section suivante sont tirées des observations faites pour ces deux cliniques.

La première est une clinique d'obstétrique effectuée le 2 juin 2014 en après-midi. Au total, 30 patientes étaient fixées à l'horaire et selon les données recueillies, 29 patientes se sont présentées à leur rendez-vous. Tous les rendez-vous étaient fixés entre 13 h et 15 h 30 et deux des patientes avaient un rendez-vous en MIGO durant l'avant-midi.

Les résultats observés dans le Tableau 4-4 nous permettent d'observer que le temps établi pour la clinique est beaucoup trop court pour la quantité de patients fixés à l'horaire. En effet, le dernier rendez-vous est établi à 15 h 30 alors que la clinique termine à 17 h 37. Notons que parmi les

1000 réPLICATIONS, la durée clinique la plus courte est de 3 h 46, soit une fin prévue à 16 h 46. Deux conclusions peuvent être tirées de cette observation ; il y a trop de patients fixés à l'horaire pour une telle clinique ou bien l'heure d'arrivée des patients n'est pas assez distancée. Le temps sans traitement correspond à du temps durant lequel le médecin n'est pas en consultation avec un patient, il peut être en train de remplir un dossier ou faire une autre activité à valeur ajoutée comme il peut être en attente. Ceci diffère de l'attente du médecin qui calcule le temps que le médecin passe à attendre puisqu'aucun patient n'est disponible pour consultation. Notons que cette information n'était pas disponible sur les feuilles d'observation. L'attente moyenne des patients est d'environ 60 minutes et nous constatons un lien entre l'heure du rendez-vous et l'attente d'un patient. Ceux ayant un rendez-vous en fin de journée attendent plus que ceux placés en début de journée. Malheureusement, ceci n'a pu être vérifié dans l'horaire réel puisque certains patients ont reçu leur rendez-vous dans un ordre différent de leur heure de rendez-vous ou d'arrivée. Par exemple, une patiente fixée à 14 h 40 et arrivée à 14 h 54 est passée avant une patiente fixée à 14 h 35 et arrivée à 14 h 28. Malgré tout, l'attente moyenne et la distribution des temps d'attente sont similaires entre la journée observée et les scénarios étudiés.

Tableau 4-4. Validation du simulateur avec la clinique du 2 juin 2014

	Réalité	Modèle
Nombre de patients	29	29
Durée de la clinique	4:37	4:38
Temps sans traitement pour le médecin	1:39	1:29
Inactivité du médecin	N/A	0:16
Attente moyenne des patients	1:03	0:56
Temps de traitement moyen	0:06	0:06

La deuxième clinique présentée est la clinique de GARE du vendredi 6 juin 2014 en avant-midi. Au total, 16 patientes étaient prévues et 15 ont été recensés parmi les observations. La clinique était prévue entre 8 h 15 et 11 h 15 et une patiente avait un rendez-vous en MIGO avant celui de GARE. Les résultats sont affichés au Tableau 4-5.

Pour cette clinique, la durée semble respecter l'horaire établi initialement. En effet, on accorde en moyenne 11 minutes par patiente contrairement à 5 pour la clinique d'obstétrique mentionnée précédemment et on peut noter une différence sur le temps moyen d'attente des patientes du

modèle. Cependant, on remarque une différence entre les résultats de la simulation et la réalité pour deux des aspects ; la durée clinique ainsi que l'attente moyenne des patientes. Dans le premier cas, l'écart est dû à la planification du rendez-vous multiple. Celui-ci est planifié vers la fin de la journée, ainsi, un retard dans la première clinique (MIGO) engendre directement une prolongation de la clinique de GARE dans certaines réplications. Pour l'attente des patientes, l'écart est dû au retard du médecin qui a commencé à voir ses patientes à 8 h 40. Ce retard est impossible à récupérer par la suite donc il a affecté toutes les patientes d'où l'écart de 25 minutes entre la réalité et le modèle.

Tableau 4-5. Validation du modèle avec la clinique du 6 juin 2014

	Réalité	Modèle
Nombre de patients	15	15
Durée de la clinique	3:34	3:51
Temps sans traitement pour le médecin	0:40	1:05
Inactivité du médecin	N/A	0:00
Attente moyenne des patients	0:43	0:18
Temps de traitement moyen	0:10	0:10

## 4.5 Analyse de scénarios

### 4.5.1 Horaire des patients

En plus de pouvoir effectuer des simulations de l'horaire de base, le modèle nous permet d'apporter des modifications à l'horaire ou au déroulement des cliniques pour les comparer avec le scénario de base. Pour être en mesure de comparer tous les aspects, nous avons étudié la clinique du 2 juin 2014 et apporté quelques changements. En exécutant le scénario de base, nous avons pu recueillir des informations sur les temps moyens d'attente pour tous les patients fixés à l'horaire de cette clinique. Ici, le temps moyen d'attente fait référence à la moyenne des temps d'attente d'un même patient dans les 1000 réplications. Trois modifications à l'horaire ont été faites. La première fut d'éliminer tous les rendez-vous fixés à la même heure, sauf ceux du début de la clinique. En effet, on retrouve beaucoup d'écrits sur les bienfaits de « l'overbooking », mais ceci est vrai uniquement en début de journée. On l'utilise principalement pour avoir plus de chance qu'un patient soit arrivé lorsque le médecin débute sa clinique. Ensuite, l'heure prévue pour les rendez-vous a été retardée si un patient attendait plus de 30 minutes en moyenne. Nous

n'avons pas tenté de réduire l'attente à 0 minute, puisque ceci aurait probablement causé de l'inactivité pour le médecin. L'objectif était de réduire l'attente à environ 30 minutes en moyenne. Ainsi, un patient fixé à 14 h qui attendait en moyenne 52 minutes aurait été retardé de 22 minutes (arrondi à la hausse donc 25 minutes). Son rendez-vous décalé aurait été à 14 h 25. Finalement, le troisième changement était de faire passer les patients ayant un rendez-vous en MIGO précédemment aussitôt qu'ils étaient prêts en GARE. L'horaire de base ainsi que l'horaire modifié peuvent être consultés en annexe.

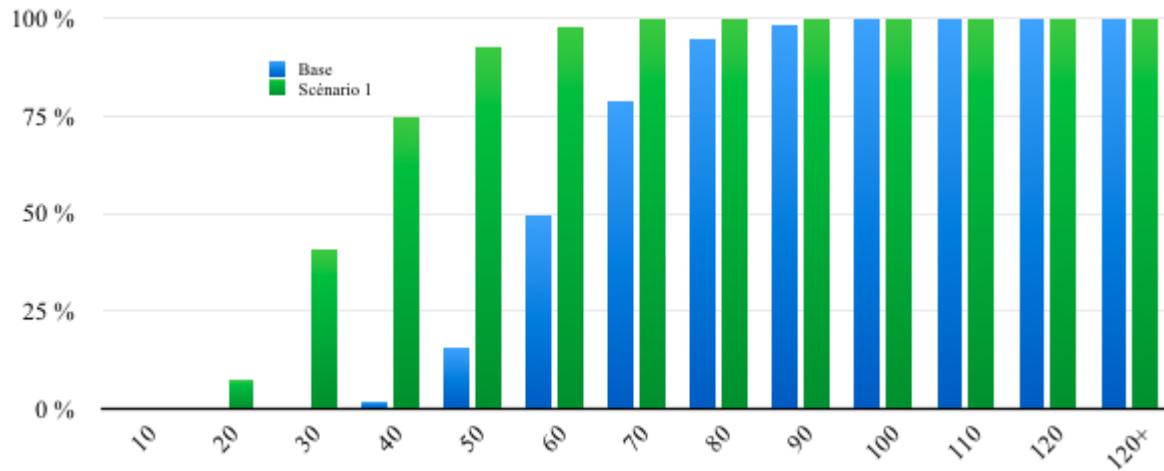


Figure 4-4. Distribution cumulative des temps moyens d'attente par réPLICATION

La Figure 4-4 compare les temps d'attentes moyens par réPLICATION pour l'horaire de base et l'horaire modifié tandis que la Figure 4-5 compare les temps d'inactivité du médecin pour les deux scénarios. Nous constatons que l'attente moyenne par réPLICATION est considérablement réduite par la modification apportée à l'horaire de traitement. Ce qui peut surprendre se trouve dans la Figure 4-5 où l'on remarque que l'inactivité du médecin reste similaire malgré le changement à l'horaire d'arrivée des patients. En fait, dans le scénario de base, les rendez-vous sont tellement rapprochés que plusieurs patients se retrouvent dans la file d'attente pour leur rendez-vous avec le médecin. Le décalage des rendez-vous n'est pas assez important pour vider la file d'attente, ce qui explique l'absence de changement significatif pour l'inactivité du médecin. En théorie, le scénario modifié est sans doute plus efficace que le scénario de base. Cependant, avant de mettre en place ce changement, il faudra se demander s'il est possible d'avoir du personnel à l'accueil et des infirmières jusqu'à la fin de la clinique. Lors des simulations, les infirmières avaient une heure de départ fixé d'avance et quittaient la clinique même si celle-ci n'était pas terminée. Cependant, cette hypothèse ne peut pas être faite pour le

personnel de l'accueil sans qui le patient ne saurait pas où se diriger. Ainsi, il faudra s'assurer que le dernier patient puisse rencontrer l'agente administrative de l'accueil même s'il arrive un peu en retard à son rendez-vous.

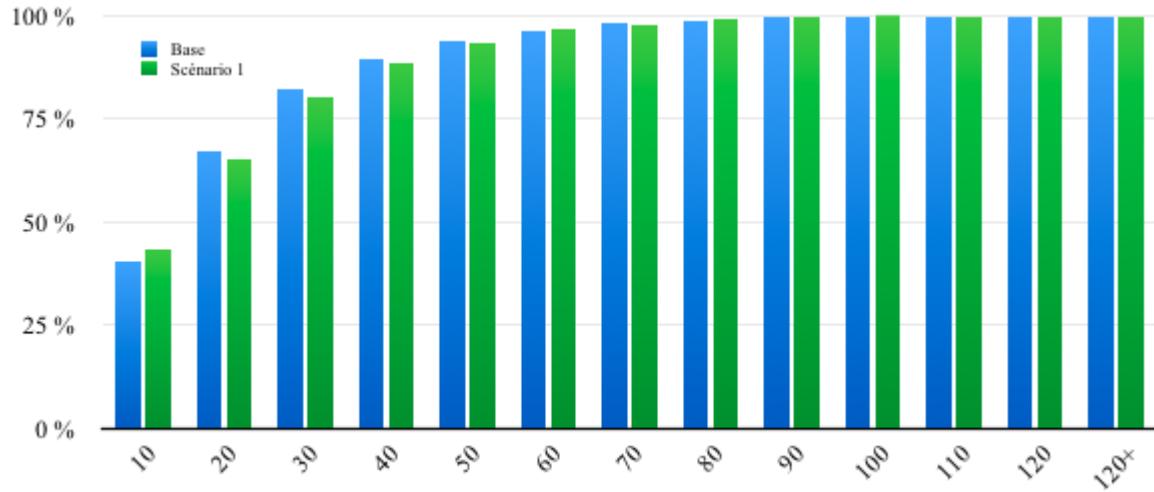


Figure 4-5. Distribution cumulative des temps d'inactivité du médecin par réPLICATION

#### 4.5.2 Responsabilités du résident et de l'infirmière

Par la suite, un changement opérationnel a été analysé. Dans celui-ci, le rôle de l'infirmière était facultatif et pouvait être remplacé par le résident. Ainsi, un patient ne voyait que l'infirmière ou le résident avant sa consultation avec le médecin.

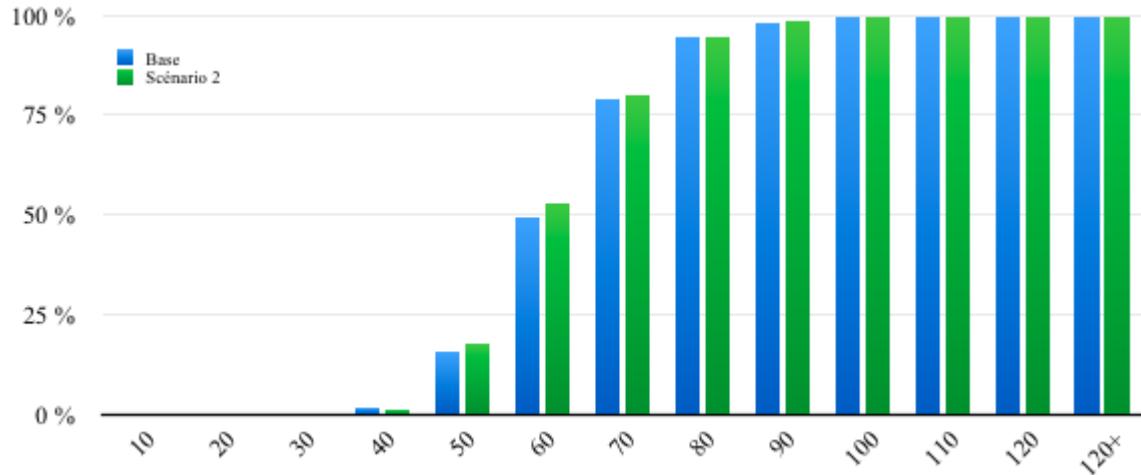


Figure 4-6. Distribution cumulative des temps moyens d'attente par réPLICATION

Pour ce scénario, les modifications sont beaucoup moins importantes, mais l'on constate, dans les Figure 4-6 et Figure 4-7, une légère diminution de l'attente moyenne des patients ainsi qu'une

hausse dans la proportion de réPLICATIONS ayant un temps d'inaktivité très faible. La réDUCTION de l'attente moyenne était à prévoir puisqu'ici, la proportion de patientes ayant à voir plus de deux intervenants par rendez-vous est réDUITE. L'étape de moins dans le processus entraîne nécessairement une réDUCTION de l'attente des patientes.

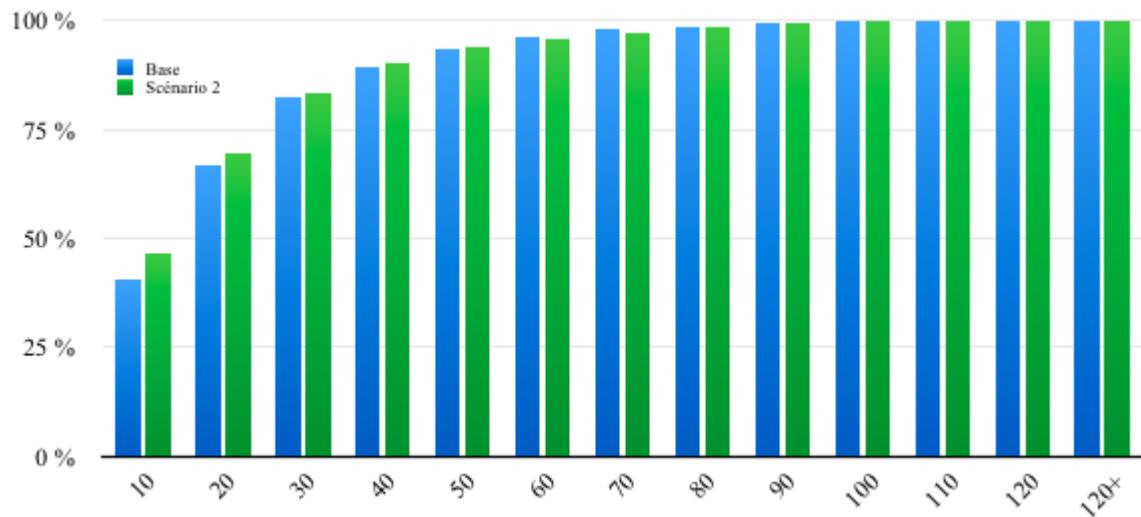


Figure 4-7. Distribution cumulative des temps d'inaktivité du médecin par réPLICATION

## 4.6 Recommandations pour le CHUSJ

### 4.6.1 Horaire des patients

Tout d'abord, il serait important d'augmenter le temps entre les arrivées des patientes pour les cliniques qui excèdent régulièrement le temps du dernier rendez-vous. Pour se faire, il serait possible de fixer une durée et un nombre de patients ciblé pour la clinique. Ceci permettrait de calculer le temps requis entre deux patientes. Il serait également possible d'utiliser le simulateur pour confectionner l'horaire idéal en fonction de critères particuliers ; minimiser le temps d'inaktivité du médecin, minimiser l'attente des patientes ou un compromis entre les deux. L'exemple de la clinique d'obstétrique démontre qu'il est possible de réduire l'attente sans trop augmenter l'inaktivité du médecin. Les réPLICATIONS nous indiquent également que dans le scénario le plus optimiste, la clinique se terminerait à 16 h 46, ce qui est un bon indicateur de la durée cible pour cette clinique.

#### **4.6.2 Gestion des rendez-vous multiple**

La deuxième recommandation concerne les rendez-vous multiples. Il faudrait tout d'abord déterminer s'il y a une séquence type (par exemple MIGO suivi de GARE) ou si cela n'a pas d'importance. Ensuite, dans certains cas, le premier rendez-vous est en avant-midi tandis que l'autre est en après-midi ce qui augmente l'attente de la patiente. Les rendez-vous devraient donc être regroupés pendant la même période. Puisque certaines cliniques peuvent prendre du retard, il serait intéressant de fixer ces rendez-vous en début de période pour éviter que le médecin du deuxième rendez-vous n'ait à attendre sa patiente, ce qui a été noté dans certaines réplications effectuées. Finalement, selon nos observations, le deuxième rendez-vous est fixé à un intervalle qui varie énormément d'un cas à l'autre. Il serait intéressant d'analyser une politique qui au lieu de fixer une heure pour ce deuxième rendez-vous traiterait la patiente dès qu'elle est prête. Pour ne pas accumuler un retard supplémentaire, un espace vacant dans la journée permettrait d'éponger le retard accumulé par cette patiente (ou tout autre imprévu). Dans la planification, ceci pourrait être fait en calculant la capacité de la clinique plutôt que d'attribuer une plage horaire fixe à un tel patient. Cette solution s'appliquerait également dans le cas où nous aurions une urgence à traiter. Les débordements ainsi créés seraient en partie absorbés par les plages libres dans la journée.

#### **4.6.3 Collecte des données**

La dernière recommandation ne résulte pas des observations des cliniques, mais plutôt de la collecte de données. Dans les prochaines années, le passage à un système informatique sera probablement dans les projets de la majorité des centres hospitaliers. Il faudra alors être en mesure d'obtenir des informations sur les temps de traitements et d'attente dans la clinique. Ces mesures sont principalement utiles pour identifier les problématiques au sein de l'unité, mais pourront également aider lors de la conception d'horaires types ainsi que pour créer des modèles plus précis. Nous serons probablement rendus à l'étape où le modèle créé pour ce projet pourra être lancé à partir des informations recueillies et la planification de l'horaire pourra être faite en temps réel lorsqu'une patiente demande un rendez-vous.

#### 4.6.4 Pistes de recherche future

Du point de vue pratique, cette étude nous a permis de démontrer l'importance d'avoir un système qui permet d'obtenir des informations sur les temps de traitement et d'attente pour tous les patients. Le simulateur permettra d'observer les effets de plusieurs changements et il sera possible de comparer différents scénarios en analysant les graphiques des temps d'attentes des patients, temps d'inactivité des médecins, grosseur de la file d'attente, etc. Très souvent dans le milieu de la santé, les cliniques terminent soit trop en avance ou trop en retard. Ceci est souvent dû au fait que la quantité de patients à voir est fixe, peu importe les profils de ces patients. Nous pensons que l'utilisation du simulateur permettrait de stabiliser la charge de travail et d'améliorer les conditions des ressources. En utilisant une méthode de planification par capacité plutôt que par plage horaire, il serait également possible d'utiliser le simulateur pour choisir l'heure de rendez-vous d'un nouveau patient en générant des patients artificiels et en calculant plusieurs indicateurs pour la clinique. On chercherait alors à limiter le nombre de réplications où l'attente du patient ou l'inactivité du médecin est supérieure à un certain niveau. Finalement, notons qu'encore aujourd'hui trop de centres n'utilisent pas les informations qu'ils connaissent à l'avance. Par exemple, en obstétrique, la grande majorité des patientes doivent être suivies à intervalle régulier. Malheureusement, les rendez-vous sont pris au fur et à mesure que le suivi évolue. Connaître les préférences ainsi que la capacité d'une certaine journée serait toutefois très important lors de l'admission de nouvelles consultations et pour mieux organiser les rendez-vous de la journée (rendez-vous multiples ou nouvelles consultations qui sont plus variables). Dans certains cas, les rendez-vous ne sont pas suivis selon le cheminement régulier, mais il est plus simple de s'ajuster à ces situations, qui représentent moins de 20 % des cas, que de devoir planifier manuellement tous les rendez-vous.

## **CHAPITRE 5 RECOMMANDATIONS ET DISCUSSION**

### **5.1 Données informatisées**

Dans le milieu de la santé, il est difficile d'obtenir des données qui permettent de bien valider les modèles. Bien que certains centres soient équipés de logiciels gérant l'horaire des patients et la prise en charge par différentes ressources, il est rare que toutes les informations nécessaires au calcul des temps de traitement et des temps d'attentes soient disponibles.

Le CICL est équipé d'un système informatique qui détermine la date de fin de chacune des activités du patient. Malheureusement, le temps de début de ces activités n'est pas disponible ce qui rend plus difficile l'analyse des files d'attente dans le centre. Ainsi, lors de la validation des modèles, il faut constamment demander l'avis des différentes ressources pour vérifier les paramètres du système.

Du côté du CHUSJ, les données sur les temps de traitements ont été récoltées manuellement. Ainsi, il a fallu faire un compromis entre la période de données à récolter et le temps requis pour les comptabiliser. De plus, ceci demande du travail supplémentaire pour toutes les ressources concernées qui ont eu à noter ces informations pour chacun de leur rendez-vous.

L'arrivée de l'informatique dans le milieu hospitalier pourra certainement permettre d'augmenter l'efficacité de la collecte de données. Ceci permettra de cerner rapidement les problématiques qui doivent être résolues et donnera une quantité suffisante de données pour établir de bonnes distributions statistiques pour les temps de traitement. L'implantation de modèles de simulation et d'optimisation sera donc facilitée.

### **5.2 Implication des ressources médicales**

Tout au long de mes recherches, une question est toujours restée au centre de mes pensées ; est-ce que les propositions que nous ferons seront appliquées par le personnel médical ? En effet, il est difficile de savoir si les changements sont possibles en ne changeant pas la façon de travailler dans les hôpitaux. Actuellement, les médecins préfèrent avoir un horaire où il y a plusieurs patients qui arrivent conjointement au début de leur clinique afin d'assurer la présence d'un patient à tout moment (pour qu'ils n'aient jamais à attendre), car ils sont rémunérés à l'acte.

Du point de vue de la satisfaction du patient, cette vision est problématique puisqu'elle entraîne directement la hausse du temps d'attente de ces patients. Ainsi, deux objectifs sont constamment en contradiction; réduire l'attente subie par les patients visitant les cliniques externes implique l'augmentation de l'inactivité des ressources. Ceci peut avoir également des répercussions sur le nombre de patients vus au quotidien ou la prolongation des journées de travail pour les agents administratifs et les infirmières.

Il sera donc important de trouver des solutions qui permettent de réduire les temps d'attentes globaux, en limitant l'impact négatif sur le taux d'utilisation des médecins. Pour qu'il y ait un changement dans les cliniques, il faudra que les médecins soient réceptifs puisqu'ils sont maîtres de leur horaire. L'implication des patients sera également importante. En effet, ceux-ci devront respecter le jour et l'heure de leur rendez-vous et aviser s'ils doivent s'absenter. Si cette condition n'est pas respectée, il sera difficile de mettre en place les solutions proposées.

### **5.3 Aspects qualitatifs des traitements**

L'ensemble des modèles réalisés actuellement se base sur l'analyse de données quantitatives reliées à l'utilisation des ressources, leurs heures supplémentaires ainsi que sur les attentes directe et indirecte des patients. Cependant, d'autres aspects peuvent entrer en ligne de compte pour augmenter la satisfaction des patients, par exemple la qualité des interventions, le soutien moral du personnel, les réponses aux questions, la longueur de l'attente directe ou de l'attente indirecte, etc.

Il serait intéressant dans le futur de connaître l'intérêt des patients pour chacun de ces critères afin de mieux modéliser les unités de notre système de santé. Les projets de loi qui sont débattus actuellement disent vouloir augmenter l'accessibilité au système de santé. Du point de vue d'un patient, est-il vraiment préférable d'obtenir un rendez-vous rapidement sachant que chaque minute de son entretien avec le médecin est comptée ? Connaître la réponse à cette question nous permettrait peut-être d'évaluer d'autres scénarios et de mieux comparer les différents scénarios. Ce travail devra être fait par les gestionnaires d'unités qui pourront ensuite apporter des modifications aux paramètres d'une fonction de coût d'un scénario résultant d'une simulation. Ces outils seraient alors très utiles pour mieux gérer le système de santé.

## 5.4 Outils de simulation

Tel que nous avons observé dans la clinique du CICL, les changements aux procédures ne peuvent pas systématiquement apporter de meilleurs résultats. En effet, tous les scénarios évalués procuraient des gains pour certains types de patients (palliatifs ou curatifs) au détriment des autres patients du centre. Ainsi, à un certain point, des modèles d'optimisation seront obligatoires pour améliorer l'état du système de santé. La flexibilité des modèles de simulation programmés avec Java ou C++ sera alors très utile puisqu'elle permettra d'intégrer directement un algorithme ou un modèle d'optimisation au simulateur. La rapidité d'exécution sera également un avantage majeur dans l'éventualité où nous voudrions exécuter rapidement des centaines de réplications d'un système pour choisir le meilleur scénario. Il serait donc intéressant de développer une bibliothèque de simulation appliquée au milieu de la santé dans lequel les flux de patients, les files d'attente ainsi que les interactions entre patients et ressources sont variés et complexe. La collaboration entre des chercheurs en mathématique et informatique ainsi qu'avec des partenaires du milieu hospitalier sera importante pour créer des outils performants et flexibles qui répondent aux besoins de ce secteur.

## CONCLUSION

Le milieu industriel s'est tourné vers la recherche opérationnelle il y a déjà plusieurs années afin de trouver des solutions à des problèmes qui sont complexes, voire impossibles à résoudre manuellement. Depuis, le milieu de la santé essaie également d'introduire ces méthodes pour mieux gérer les effectifs et réduire le délai avant le traitement des patients. Les outils de simulation qui ont été créés durant ce projet permettent d'analyser plus en détail les flux de patient en clinique externe.

De plus en plus, les centres de santé veulent axer les soins en fonction des besoins du patient. Actuellement, chaque unité d'un hôpital (parfois chaque clinique) agit de manière indépendante les unes des autres. En n'utilisant pas l'information sur le flux de patient, il est difficile de réduire les temps d'attentes directs d'un patient. Un outil de simulation permet d'analyser une multitude de scénarios et d'étudier leurs impacts avant de les mettre en place dans l'unité. Les gestionnaires d'unité devraient s'équiper de ce type d'outil pour mieux comprendre comment réorganiser les processus. Ces outils pourraient également être utilisés pour automatiser la prise de rendez-vous dans les cliniques, évaluer la surcharge d'une unité ou identifier les risques d'attente dans une clinique. Ceci permettrait d'épargner du temps lors du choix d'une plage horaire, de réduire le nombre de ressources nécessaires à cet effet et surtout d'assurer une bonne organisation de l'ensemble des cliniques et une réduction des temps d'attentes globaux.

Pour en arriver là, il serait très important que les unités puissent collecter l'ensemble des données de traitement. Ceci faciliterait énormément la modélisation des flux de patients, permettrait de modéliser les distributions de temps de traitement avec chacune des ressources et surtout permettrait d'identifier les problématiques du système. À l'ère où les dossiers informatisés font leur apparition, il est important de fournir aux gestionnaires d'unité des outils et indicateurs qui leur permettront de prendre de meilleures décisions face à la gestion des horaires de leurs ressources et des patients.

Il sera intéressant de voir si dans les prochaines années, les outils permettront aux patients de choisir leur rendez-vous sur internet ou d'être notifiés d'un retard ou d'une annulation par courriel ou message texte comme c'est le cas pour un rendez-vous chez le dentiste. Bien que les rendez-vous en clinique externe soient plus complexes, il est possible d'anticiper les débordements d'une clinique et d'utiliser l'information connue pour en améliorer l'organisation.

## RÉFÉRENCES

Institut canadien d'information sur la santé (ICIS). 2014. Québec - Temps d'attente. Tiré de <http://tempsdattente.icis.ca/QC>. [Consulté le 9 juillet 2014].

Comité consultatif de la Société canadienne du cancer, “Statistiques canadiennes sur le cancer 2013,” Société canadienne du cancer, Toronto, Ontario, Canada, Rapport Technique, 2013, ISSN 0835-2976. [En ligne], Disponible: <http://www.cancer.ca/fr-ca/cancer-information/cancer-101/canadian-cancer-statistics-publication/?region=qc>. [Consulté le 7 avril 2014].

Société québécoise du cancer, “Radio-oncologie”, *Principales réalisations dans la lutte contre le cancer*, 2012. [En ligne]. Disponible: [http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/prob\\_sante/cancer/index.php?accueil](http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/prob_sante/cancer/index.php?accueil). [Consulté le 12 janvier 2014].

Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec, “Tableau comparatif des balises et des cibles d'accès.”, *Accès aux services médicaux spécialisés*, 2012. [En ligne]. Disponible: <http://wpp01.msss.gouv.qc.ca/appl/g74web/default.asp?act=F>. [Consulté le 12 janvier 2014].

Collège des médecins du Québec, “La gestion de l'accès aux services en radio-oncologie: pour une approche systématique,” Collège des médecins du Québec, Montréal, Canada, Rapport Technique, Novembre 2004, ISBN 2-920548-15-8. [En ligne], Disponible: <http://www.cmq.org/fr/Medias/Profil/Commun/AProposOrdre/Publications/EnoncesGuidesLignes.aspx>. [Consulté le 12 janvier 2014]

Société canadienne du cancer. 2014. Tomodensitométrie (TDM). Tiré de <http://www.cancer.ca/fr-ca/cancer-information/diagnosis-and-treatment/tests-and-procedures/computed-tomography-ct-scan/?region=qc>. [Consulté le 9 juillet 2014].

Institut National du Cancer (INCa). 2014. L'étape de dosimétrie. Tiré de <http://www.e-cancer.fr/cancerinfo/se-faire-soigner/traitements/radiotherapie/deroulement/etape-de-dosimetrie>. [Consulté le 9 juillet 2014].

Ahmed, M. A., & Alkhamis, T. M. (2009). Simulation optimization for an emergency department healthcare unit in Kuwait. *European Journal of Operational Research*, 198(3), 936-942.

Avramidis, A. N., Chan, W., Gendreau, M., L'ecuyer, P., & Pisacane, O. (2010). Optimizing daily agent scheduling in a multiskill call center. *European Journal of Operational Research*, 200(3), 822-832.

Baesler, F.F., Sepulveda, J. A. (2001). Multi-objective simulation optimization for a cancer treatment center. In *Simulation Conference, 2001. Proceedings of the Winter* (Vol. 2, pp. 1405-1411). IEEE.

Begen, M. A., & Queyranne, M. (2011). Appointment scheduling with discrete random durations. *Mathematics of Operations Research*, 36(2), 240-257.

Berg, B. P., Denton, B. T., Ayca Erdogan, S., Rohleider, T., & Huschka, T. (2014). Optimal booking and scheduling in outpatient procedure centers. *Computers & Operations Research*, 50, 24-37.

Burke, E. K., Leite-Rocha, P., & Petrovic, S. (2011). An Integer Linear Programming Model for the Radiotherapy Treatment Scheduling Problem. *arXiv preprint arXiv:1103.3391*.

Castro, E., & Petrovic, S. (2012). Combined mathematical programming and heuristics for a radiotherapy pre-treatment scheduling problem. *Journal of Scheduling*, 15(3), 333-346.

Chakraborty, S., Muthuraman, K., & Lawley, M. (2013). Sequential clinical scheduling with patient no-show: The impact of pre-defined slot structures. *Socio-Economic Planning Sciences*, 47(3), 205-219.

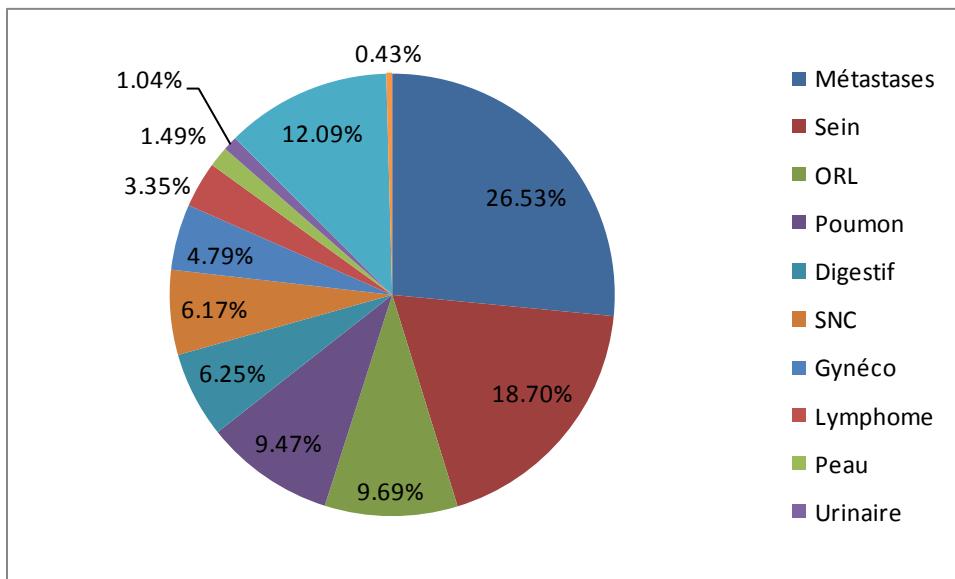
- Comas, M., Castells, X., Hoffmeister, L., Román, R., Cots, F., Mar, J., ... & Espallargues, M. (2008). Discrete-Event Simulation Applied to Analysis of Waiting Lists. Evaluation of a Prioritization System for Cataract Surgery. *Value in health*, 11(7), 1203-1213.
- Condotta, A., & Shakhlevich, N. V. (2014). Scheduling patient appointments via multilevel template: A case study in chemotherapy. *Operations Research for Health Care*.
- Conforti, D., Guerriero, F., & Guido, R. (2008). Optimization models for radiotherapy patient scheduling. *4OR*, 6(3), 263-278.
- Conforti, D., Guerriero, F., & Guido, R. (2010). Non-block scheduling with priority for radiotherapy treatments. *European Journal of Operational Research*, 201(1), 289-296.
- Conforti, D., Guerriero, F., Guido, R., & Veltri, M. (2011). An optimal decision-making approach for the management of radiotherapy patients. *OR Spectrum*, 33(1), 123-148.
- Denton, B. T. (2013). Handbook of Healthcare Operations Management: Methods and Applications (Vol. 184). Springer.
- Dexter, F., Macario, A., Qian, F., & Traub, R. D. (1999). Forecasting surgical groups' total hours of elective cases for allocation of block time: application of time series analysis to operating room management. *Anesthesiology*, 91(5), 1501.
- Gillespie, J., McClean, S., FitzGibbons, F., Scotney, B., Dobbs, F., & Meenan, B. J. (2014). Do we need stochastic models for healthcare? The case of ICATS. *Journal of Simulation*.
- Glover, F., Kelly, J. P., & Laguna, M. (1996, November). New advances and applications of combining simulation and optimization. In *Proceedings of the 28th conference on Winter simulation* (pp. 144-152). IEEE Computer Society.
- Guerriero, F., & Guido, R. (2011). Operational research in the management of the operating theatre: a survey. *Health care management science*, 14(1), 89-114.

- Gupta, D., & Denton, B. (2008). Appointment scheduling in health care: Challenges and opportunities. *IIE transactions*, 40(9), 800-819.
- Hall, R. W. (2012). Handbook of Healthcare System Scheduling. Springer Science+ Business Media, LLC.
- Hahn-Goldberg, S., Carter, M. W., Beck, J. C., Trudeau, M., Sousa, P., & Beattie, K. (2014). Dynamic optimization of chemotherapy outpatient scheduling with uncertainty. *Health care management science*, 1-14.
- Hosseini, N., & Taaffe, K. M. (2014). Allocating operating room block time using historical caseload variability. *Health care management science*, 1-12.
- Huschka, T. R., Narr, B. J., Denton, B. T., & Thompson, A. C. (2008, December). Using simulation in the implementation of an outpatient procedure center. In *Proceedings of the 40th Conference on Winter Simulation* (pp. 1547-1552). Winter Simulation Conference.
- Kapamara, T., Sheibani, K., Haas, O. C. L., Reeves, C. R., & Petrovic, D. (2006, September). A review of scheduling problems in radiotherapy. In *Proceedings of the Eighteenth International Conference on Systems Engineering (ICSE2006)*, Coventry University, UK (pp. 201-207).
- Legrain, A., & Jaillet, P. (2013). *Stochastic online bipartite resource allocation problems*. CIRRELT.
- Legrain, A., Fortin, M. A., Lahrichi, N., & Rousseau, L. M. (2014). Online stochastic optimization of radiotherapy patient scheduling. *Health care management science*, 1-14.
- Mackillop, W. J. (2007). Killing time: the consequences of delays in radiotherapy. *Radiotherapy and Oncology*, 84(1), 1-4.
- Murray, M., & Tantau, C. (1999). Redefining open access to primary care. *Managed Care Quarterly*, 7, 45-55.

- Patrick, J., Puterman, M. L., & Queyranne, M. (2008). Dynamic multipriority patient scheduling for a diagnostic resource. *Operations Research*, 56(6), 1507-1525.
- Pérez, E., Ntiamo, L., Malavé, C. O., Bailey, C., & McCormack, P. (2013). Stochastic online appointment scheduling of multi-step sequential procedures in nuclear medicine. *Health care management science*, 16(4), 281-299.
- Petrovic, D., Morshed, M., & Petrovic, S. (2011). Multi-objective genetic algorithms for scheduling of radiotherapy treatments for categorised cancer patients. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 6994-7002.
- Petrovic, S., & Leite-Rocha, P. (2008, October). Constructive and GRASP approaches to radiotherapy treatment scheduling. In *World Congress on Engineering and Computer Science 2008, WCECS'08. Advances in Electrical and Electronics Engineering-IAENG Special Edition of the* (pp. 192-200). IEEE.
- Pham, D. N., & Klinkert, A. (2008). Surgical case scheduling as a generalized job shop scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 185(3), 1011-1025.
- Proctor, S., Lehaney, B., Reeves, C., & Khan, Z. (2007). Modelling patient flow in a radiotherapy department. *OR Insight*, 20(3), 6-14.
- Rose, K. D., Ross, J. S., & Horwitz, L. I. (2011). Advanced access scheduling outcomes: a systematic review. *Archives of internal medicine*, 171(13), 1150-1159.
- Santibáñez, P., Chow, V. S., French, J., Puterman, M. L., & Tyldesley, S. (2009). Reducing patient wait times and improving resource utilization at British Columbia Cancer Agency's ambulatory care unit through simulation. *Health care management science*, 12(4), 392-407.
- Sauré, A., Patrick, J., Tyldesley, S., & Puterman, M. L. (2012). Dynamic multi-appointment patient scheduling for radiation therapy. *European Journal of Operational Research*, 223(2), 573-584.

- Taobane, M. (2012). *Utilisation de la simulation pour améliorer les horaires des médecins et des équipements dans un département de Radio-Oncologie* (Thèse de maîtrise, École Polytechnique de Montréal).
- Van Oostrum, J. M., Bredenhoff, E., & Hans, E. W. (2010). Suitability and managerial implications of a master surgical scheduling approach. *Annals of Operations Research*, 178(1), 91-104.
- Welch, J. D., & Bailey, N. J. (1952). Appointment systems in hospital outpatient departments. *The Lancet*, 259(6718), 1105-1108.
- Werker, G., Sauré, A., French, J., & Shechter, S. (2009). The use of discrete-event simulation modelling to improve radiation therapy planning processes. *Radiotherapy and Oncology*, 92(1), 76-82.
- Wijewickrama, A., & Takakuwa, S. (2005, December). Simulation analysis of appointment scheduling in an outpatient department of internal medicine. In *Simulation Conference, 2005 Proceedings of the Winter* (pp. 10-pp). IEEE.

## ANNEXE A – DISTRIBUTION DES CANCERS OBSERVÉE LORS DES SIMULATIONS



## ANNEXE B – TAUX D'UTILISATION DES QUOTAS PAR JOUR

	Palliatifs		Curatifs	
	AM	PM	AM	PM
<b>Lundi</b>	57.49%	11.27%	66.23%	21.39%
<b>Mardi</b>	43.43%	3.12%	57.10%	30.92%
<b>Mercredi</b>	73.96%	39.41%	91.57%	46.81%
<b>Jeudi</b>	47.87%	8.04%	78.67%	25.24%
<b>Vendredi</b>	57.20%	16.39%	70.13%	38.79%

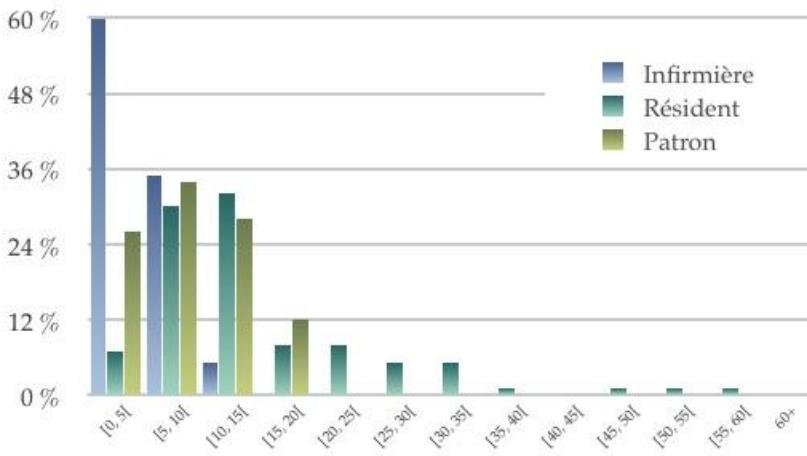
## ANNEXE C – EXEMPLE DE FEUILLE DE COLLECTE DE DONNÉES AU CHUSJ

Analyse des flux de patients en clinique 03 JUIN 2014  
d'obstétrique-gynécologie

Clinique : MIGO + GGauthier	NST			
Heure du rendez-vous :	7h50 8h50			
Accueil :	8h06			
Intervenant	Heure de début	Heure de fin	(Si retour) Heure de début	(Si retour) Heure de début
Infirmière (ou infirmière-auxilliaire)				
Résident (ou externe)				
Patron (ou Fellow)	11 <sup>30</sup>	11 <sup>42</sup>		
MIGO				
Infirmière	8h49	8h58		
Résident (ou externe)	10h20	10h38	10h35	10h38
Patron (ou Fellow)	10h30	10h35		
Centre échographies spécialisés (clarté nucale ou autre) heure du rendez-vous				
Accueil				
Technologue				
Patron				
* NST	8h17	8h39		
Cardiologie fœtale (heure du rendez-vous)				
Technologue				
Patron				
Imagerie médicale au 1 <sup>er</sup> étage				
Laboratoire				

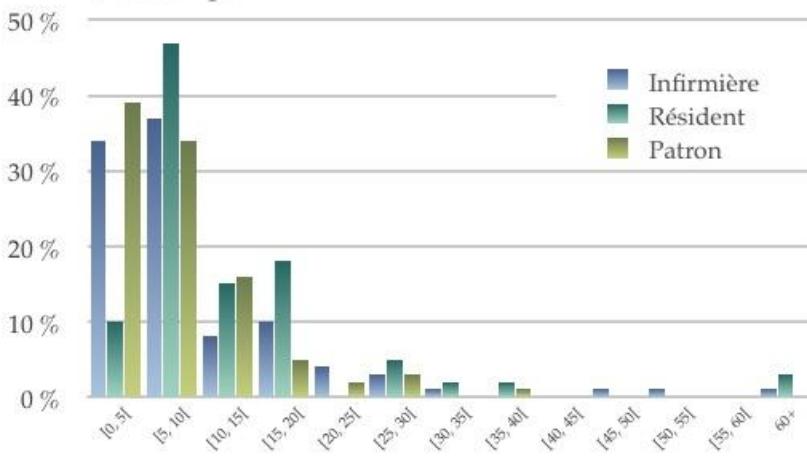
## ANNEXE D – TEMPS DE TRAITEMENTS DANS LES CLINIQUES DE GARE – OBSTÉTRIQUE ET MIGO

**GARE**



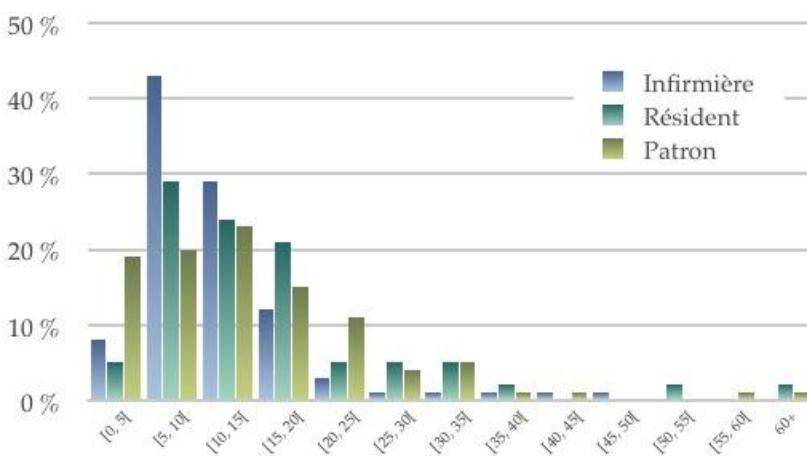
	Inf	Res	Patron
Nb Obs.	253	76	253
Min	2	3	1
Max	15	60	20
Moy	5.69	15.99	10.09
Écart-Type	2.49	11.16	5.16

**Obstétrique**



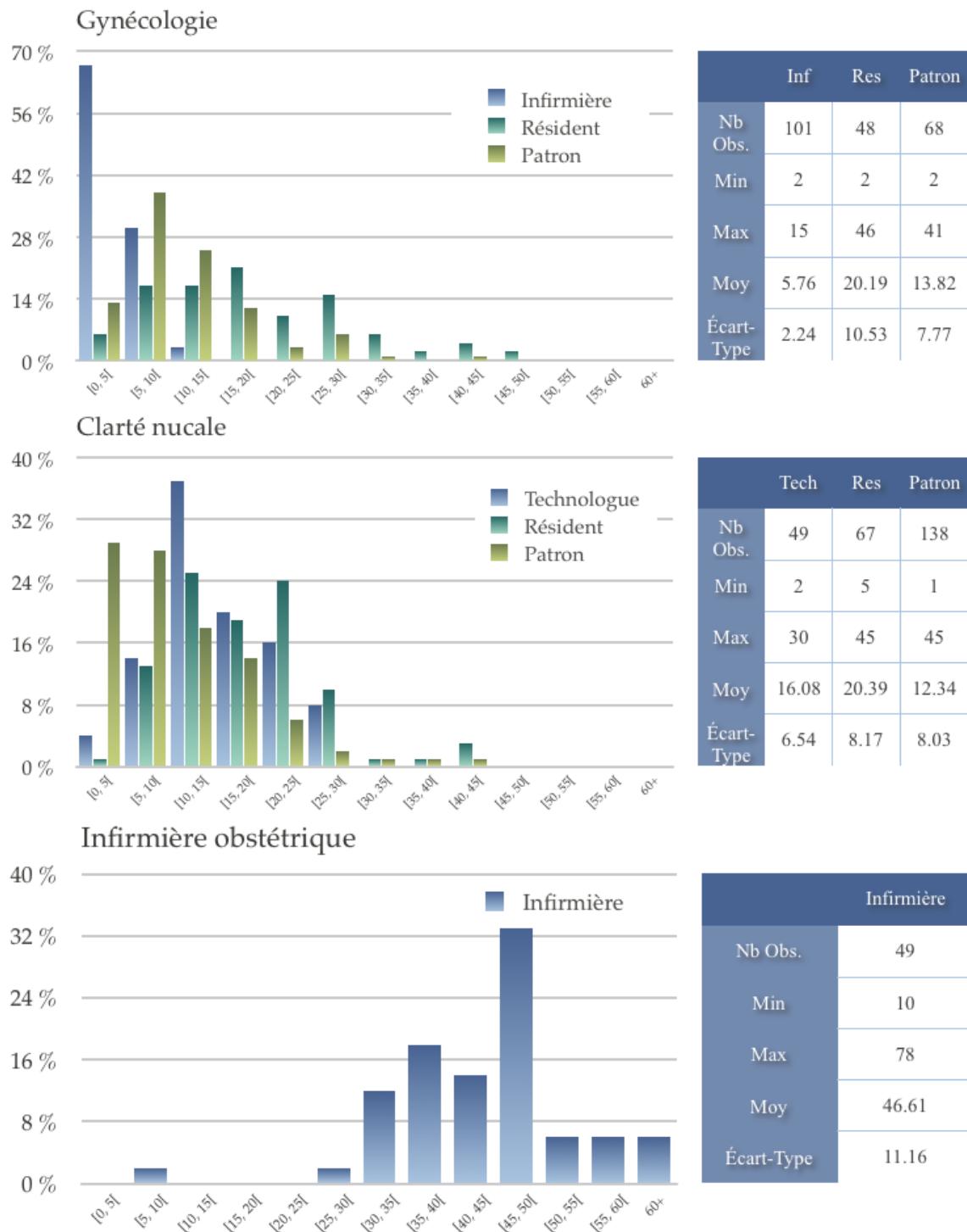
	Inf	Res	Patron
Nb Obs.	143	62	112
Min	1	3	1
Max	80	75	40
Moy	11.11	14.48	9.59
Écart-Type	11.33	12.75	6.81

**MIGO**

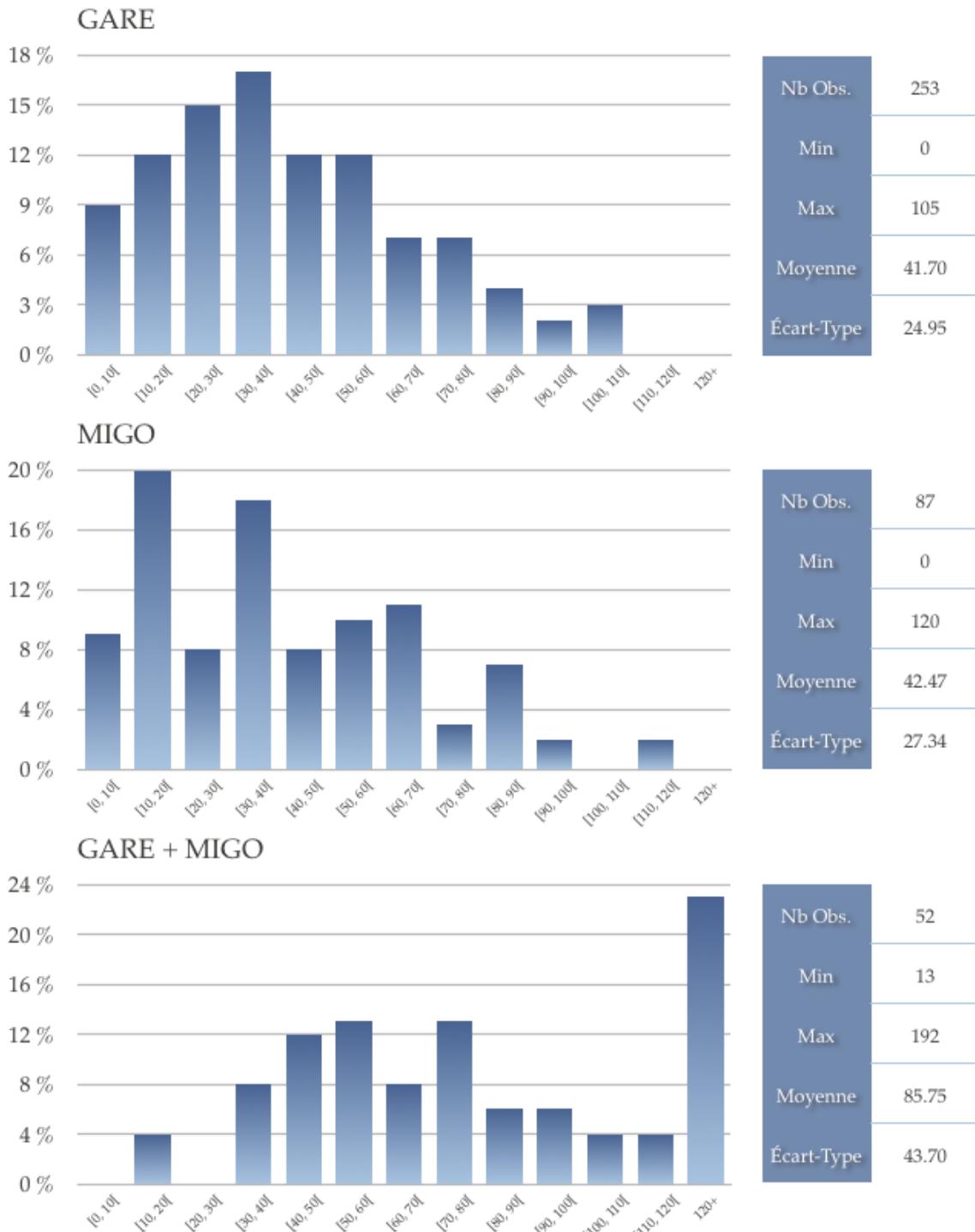


	Inf	Res	Patron
Nb Obs.	154	42	141
Min	3	5	1
Max	50	62	74
Moy	11.95	18.40	15.56
Écart-Type	7.15	12.10	10.93

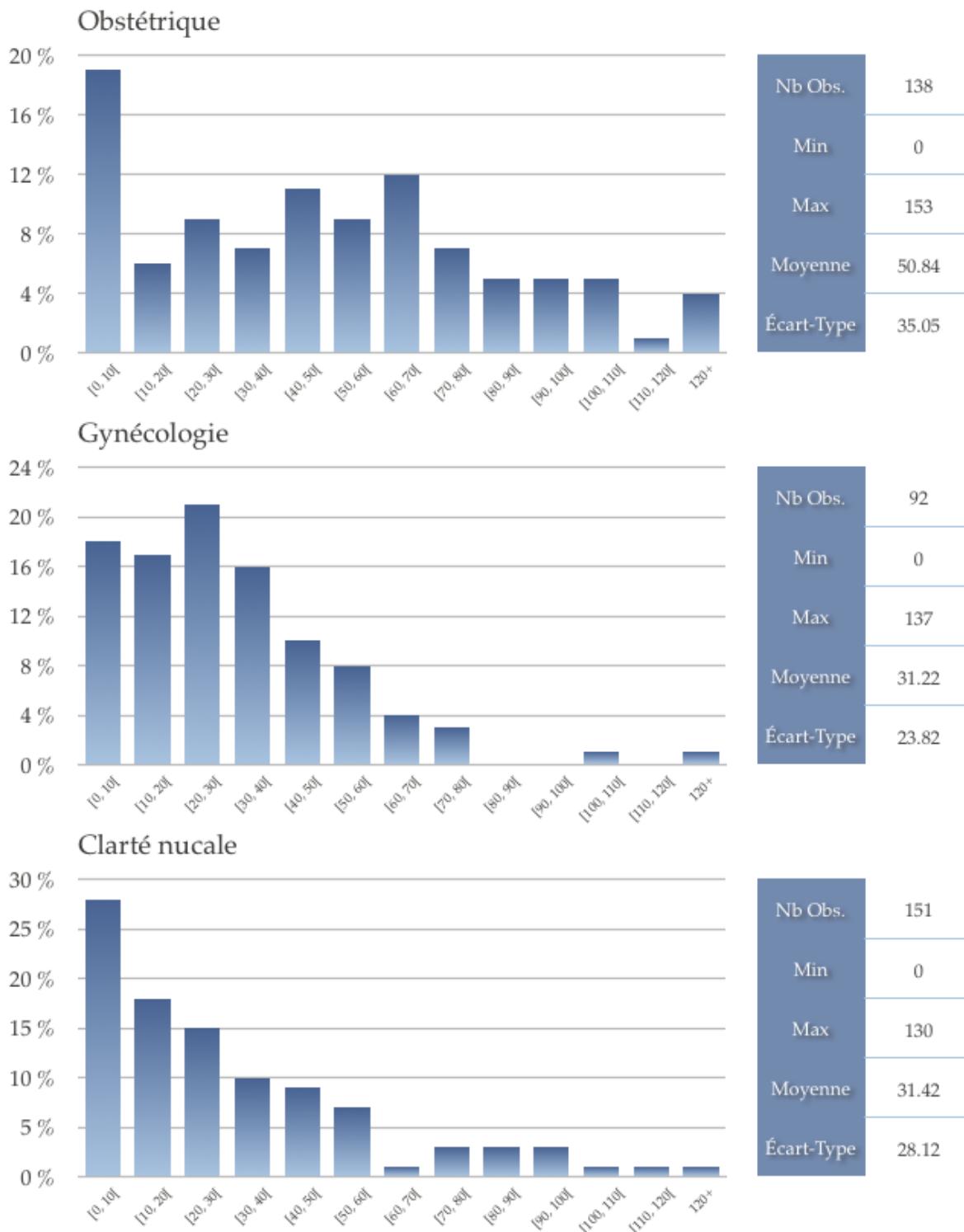
## ANNEXE E – TEMPS DE TRAITEMENT DANS LES CLINIQUES DE GYNÉCOLOGIE, CLARTÉ NUCALE ET OBSTÉTRIQUE DE L'INFIRMIÈRE



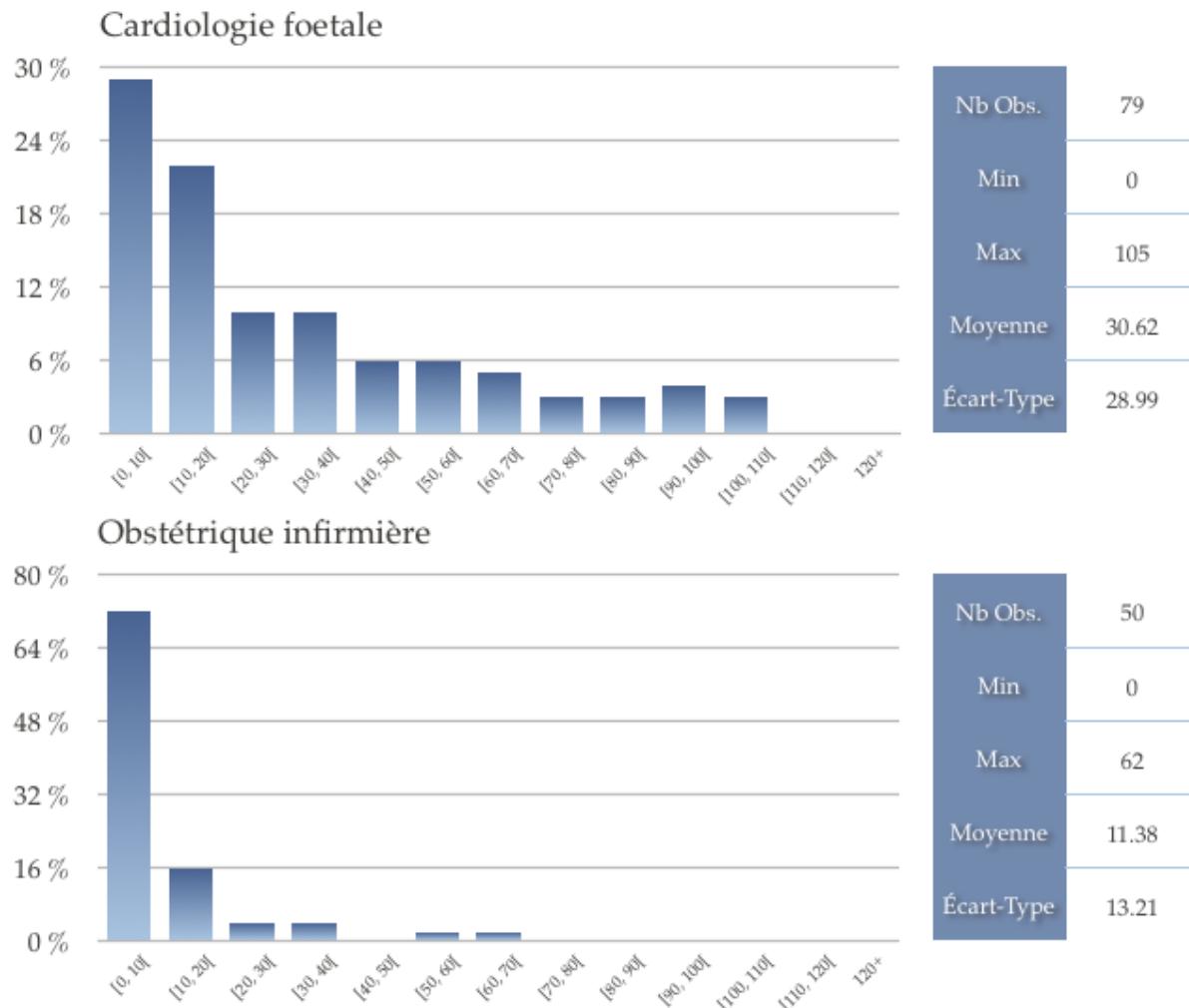
## ANNEXE F – TEMPS D'ATTENTE DANS LES CLINIQUES DE GARE, MIGO ET GARE + MIGO



## ANNEXE G – TEMPS D'ATTENTE DANS LES CLINIQUES D'OBSTÉTRIQUE, GYNÉCOLOGIE ET CLARTÉ NUCALE



## ANNEXE H – TEMPS D'ATTENTE DANS LES CLINIQUES DE CARDIOLOGIE FAETALE ET OBSTÉTRIQUE DE L'INFIRMIÈRE



**ANNEXE I – NOUVEL HORAIRE DES RENDEZ-VOUS EN  
OBSTÉTRIQUE**

<b>Patient</b>	<b>Rendez-vous initial</b>	<b>Attente moyenne</b>	<b>Rendez-vous révisé</b>
<b>1</b>	13:00	0:09	13:00
<b>2</b>	13:00	0:09	13:00
<b>3</b>	13:00	0:09	13:00
<b>4</b>	13:15	0:19	13:10
<b>5</b>	13:15	0:19	13:15
<b>6</b>	13:20	0:26	13:20
<b>7</b>	13:30	0:28	13:30
<b>8</b>	13:30	1:24	*
<b>9</b>	13:35	0:32	13:40
<b>10</b>	13:45	0:36	13:50
<b>11</b>	13:45	0:35	13:55
<b>12</b>	13:55	0:39	14:05
<b>13</b>	14:05	0:39	14:15
<b>14</b>	14:10	0:43	14:25
<b>15</b>	14:15	0:48	14:35
<b>16</b>	14:15	2:05	*
<b>17</b>	14:20	0:52	14:45
<b>18</b>	14:25	0:57	14:55
<b>19</b>	14:30	1:06	15:05
<b>20</b>	14:30	1:06	15:10
<b>21</b>	14:35	1:15	15:20
<b>22</b>	14:40	1:20	15:30
<b>23</b>	14:45	1:28	15:40
<b>24</b>	14:45	1:28	15:50
<b>25</b>	14:50	1:38	16:00
<b>26</b>	14:55	1:42	16:10
<b>27</b>	15:00	1:51	16:20
<b>28</b>	15:00	1:51	16:30
<b>29</b>	15:15	1:53	16:40
<b>30</b>	15:30	1:51	16:50

\* Le patient avait un rendez-vous en MIGO avant son rendez-vous d'obstétrique, traité dès qu'il arrive